TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Fakultät Wirtschaftswissenschaften

DRESDNER BEITRÄGE ZUR LEHRE DER BETRIEBLICHEN UMWELTÖKONOMIE

Nr. 23/2006

Günther, E. / Hoppe, H. (Hrsg.)

Erstellung einer Sachbilanz-Studie und Modellierung des Lebensweges von Operationstextilien

Mielecke, T.

UMWELTLEISTUNGSMESSUNG

Herausgeber:



ISSN 1611-9185

Prof. Dr. Edeltraud Günther
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Holger Hoppe
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Torsten Mielecke

Technische Universität Dresden
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre,
insbes. Betriebliche Umweltökonomie
01062 Dresden

Telefon: (0351) 463-3 4313
Telefax: (0351) 463-3 7764

E-Mail: bu@mailbox.tu-dresden.de
www.tu-dresden.de/wwbwlbu

Als wissenschaftliches elektronisches Dokument veröffentlicht auf dem Hochschulschriftenserver der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB) unter:

http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-ds-1243331792926-56889

Diplomarbeit eingereicht: 2006
Veröffentlicht: 2006

Vorwort

Die Bedeutung der natürlichen Umwelt in den Wirtschaftswissenschaften hat in den vergangenen Jahren kontinuierlich zugenommen: Durch die zunehmende ökologische Knappheit entwickelt sie sich zu einem ökonomisch knappen und somit entscheidungsrelevanten Parameter. Das Forschungsprogramm des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre, insb. Betriebliche Umweltökonomie an der Technischen Universität Dresden spiegelt sich auch im Aufbau der Lehre wider. So fließen die gewonnenen Erkenntnisse aus theoretischer und praktischer Forschung direkt in die einzelnen Lehrveranstaltungen ein. Die vorliegenden „Dresdner Beiträge zur Lehre der Betrieblichen Umweltökonomie“ sollen diesen Prozess der Verzahnung unterstützen. Inhalt der Schriftenreihe sind in erster Linie ausgewählte Diplomarbeiten des Lehrstuhls für Betriebliche Umweltökonomie, durch die der Leser Einblick in die Arbeitsschwerpunkte und Transparenz über die Arbeitsinhalte gewinnen soll.
Die Gestaltung der Schriftenreihe ist Frau Dipl.-Kffr. Susann Kaulich zu verdanken, die Koordination der vorliegenden Schriftenreihe erfolgte durch Dipl.-Kffr. Lilly Scheibe.

Die vorliegende Ausgabe beschäftigt sich mit dem Thema „Erstellung einer Sachbilanz-Studie und Modellierung des Lebensweges von Operationstextilien". Das Ergebnis der Sachbilanz ist, dass die Mehrwegtextilien, im Vergleich zu den Einwegtextilien, einen geringeren Stoff- und Energiefluss erzeugen. Die Modellierung der Lebenszyklen ist in der Software Umberto vorgenommen. Sie visualisiert die Stoffflüsse zwischen den einzelnen Modulen des Lebensweges sehr gut. Es konnte verdeutlicht werden, dass der Wasserfluss der mengenmäßig größte Stoffstrom ist. Die größten Wasserverbräuche werden bei den Mehrwegtextilien in der Wäscherei und der Textilveredlung getätigt; bei den Einwegtextilien sind dies hingegen die Textilveredlung und die Kunststoffherstellung. Als Ergebnis der gesamten Überlegungen wird festgehalten, dass die erstellte Sachbilanz einen guten Hinweis auf die Umweltverträglichkeit der OP-Textilien gibt. Eine anschließende Ökobilanz, aufbauend auf den gewonnenen Daten, könnte die ermittelten Ergebnisse bestätigen.

Edeltraud Günther

Die wissenschaftliche Fundierung der Diplomarbeit basiert auf den Ergebnissen der gleichnamigen Diplomarbeit von Herrn Dipl.-Wirtsch.-Ing. T. Mielecke an der TU Dresden, Lehrstuhl für Betriebliche Umweltökonomie. Hochschullehrer: Prof. Dr. Edeltraud Günther / Betreuer: Dipl.-Wirtsch.-Ing. Holger Hoppe. Für den Inhalt dieses Beitrages ist selbstverständlich allein der Autor verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

AOX — absorbierbare organische Halogenverbindungen

BMBF — Bundesministerium für Bildung und Forschung

BSB — Biochemischer Sauerstoffbedarf

BW — Baumwolle

CH4 — Methan

CO — Kohlenstoffmonoxid

CO2 — Kohlenstoffdioxid

CSB — Chemischer Sauerstoffbedarf

DIN — Deutsche Institut für Normung

DRG — Diagnosis Related Groups

DSD — Duales System Deutschland

dtex — decitex

FAEO — Fettalkoholethoxylate

H2O2 — Wasserstoffperoxid

HCl — Chlorwasserstoff

HF — Fluorwasserstoff

HP — „High Performance“-Qualität

ifeu — Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg

ifu — Institut für Umweltinformatik Hamburg

ITB — Institut für Textil- und Bekleidungstechnik

Kap. — Kapitel

KEA — Kumulierter Energieaufwand

KHG — Krankenhausfinanzierungsgesetz

KrW-/AbfG — Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

Kurz-ID — Kurz-Identifikation

KVK — Karlsruher Virtueller Katalog

LAS — Lineare Alkylbenzolsulfonate

LCA — Life Cycle Assessment

MAK — Maximale Arbeitsplatzkonzentration

Mill. — Millionen

NOx — Stickoxid

OP-Textilien	Operationstextilien
OP-Wäsche	Operationswäsche
SP	„Standard Performance“-Qualität
PE	Polyethylen
PE-LD	Polyethylen - Low Density
PE-HD	Polyethylen - High Density
PE-LLD	Polyethylen - Linear Low Density
PES	Polyester
PP	Polypropylen
PPSU	Polyphenylsulfon
PTFE	Polytetrafluorethylen
PU	Polyurethan
SMS-Struktur	Spunbonded- Meltblow -Spunbonded
SO2	Schwefeldioxid
Tab.	Tabelle
TA Luft	Technische Anleitung Luft
TEGEWA	Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbmittel- und Waschrohstoff-Industrie e.V.
TMP	thermomechanical pulp
TOC	gesamter organischer Kohlenstoff
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe

1 Einleitung und Problemstellung

„Wir sind alle Passagiere an Bord des Schiffes Erde, und wir dürfen nicht zulassen, dass es zerstört wird. Eine zweite Arche Noah wird es nicht geben."

MICHAEL GORBATSCHOW

Die Gesundheit des Menschen ist heute eines der höchsten Güter, welches es möglichst lange zu erhalten gilt. Unsere Gesellschaft unternimmt daher heute große Anstrengungen die Gesundheit und das Wohlbefinden eines jeden Menschen zu sichern. Im Jahr 2003 wurden in der Bundesrepublik Deutschland für das Gesundheitswesen 239.703 Mill. Euro ausgegeben.[1] Ein wichtiger Eckpfeiler in diesem Bemühen sind die Krankenhäuser. Ihnen kommt die Aufgabe zu, durch ärztliche und pflegerische Hilfeleistungen Krankheiten, Leiden oder Körperschäden festzustellen, zu heilen oder zu lindern, Geburtshilfe zu leisten sowie die zu versorgenden Personen unterzubringen und zu verpflegen.[2] Und dies unter der Maßgabe einer ökonomisch und ökologisch sinnvollen Arbeitsweise.

Mit der Einführung der „Diagnosis Related Groups" (DRG) für die fallbezogene Vergütung der stationären Krankenhausleistungen im Jahr 2003 werden die Krankenhäuser in Deutschland stärker zur Kostenkontrolle und Kostensenkung gezwungen. Eine Möglichkeit dies zu erreichen ist die Veränderung der Abläufe innerhalb des Krankenhauses. So bietet sich den Krankenhäusern beispielsweise die Möglichkeit, die Operationswäsche von der klassischen Mehrwegwäsche auf Einwegwäsche umzustellen. Einerseits entfallen damit Prozesse wie das Waschen und das Sterilisieren für das Krankenhaus, andererseits erhöht sich durch die Verwendung von Einwegwäsche das Abfallaufkommen im Krankenhaus. Ein Gesundheitswesen, das das Gebot des vorsorgenden Gesundheitsschutzes ernst nimmt, kann aber nicht nur die Kosten der Hilfestellung betrachten, sondern muss sich auch mit der Frage auseinandersetzen, welche Auswirkungen die Medizin auf die Umwelt und damit verbunden auf den Menschen hat.[3] Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es aus ökologischer Sicht darzustellen, welche Operationswäschevariante vorteilhafter ist. Dazu soll eine Sachbilanz-Studie erstellt werden, in der die Stoff- und Energieflüsse von verschiedenen Operationstextilien dargestellt werden. Diese Analyse kann die Grundlage für eine spätere Ökobilanz der untersuchten Produkte bilden. Die Erarbeitung der Sachbilanz ist verbunden mit der Anfertigung einer „Ökobilanz-Landkarte". Ökobilanz-Landkarte soll dabei ein Synonym für eine Übersicht von bestehenden Ökobilanzen sein, die sich mit einem Teil des Lebensweges eines Operationstextils befassen. Die Fragestellung, welche hinter der Erarbeitung der Ökobilanz-Landkarte steht, ist zu ermitteln, welche Informationen in welcher Qualität für die Sachbilanz in der Literatur verfügbar sind. Die Ergebnisse der Sachbilanz-Studie und der Ökobilanz-Landkarte werden nachfolgend mit bereits existierenden Ökobilanzen für Operationstextilien (OP-Textilien) verglichen und diskutiert. Es soll damit gezeigt werden, wie verlässlich die ermittelten Ergebnisse der Sachbilanz sind. Abschließend werden die Ergebnisse der Lebensweganalyse in der Software *Umberto* modelliert. Nicht betrachtet werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit die ökonomischen Aspekte. Es wird

[1] Vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg.) (2005), S. 2.
[2] Vgl. KHG § 2/1
[3] Vgl. KÜMMERER, K. (1994), S. 57.

keine Betrachtung der Prozesskosten oder der Anschaffungskosten vorgenommen. Auch werden Kriterien wie der Tragekomfort und die Hygieneeigenschaften der Textilien hier nicht im Fokus stehen. Abbildung 1 stellt den Aufbau der Arbeit anhand der einzelnen Kapitel dar.

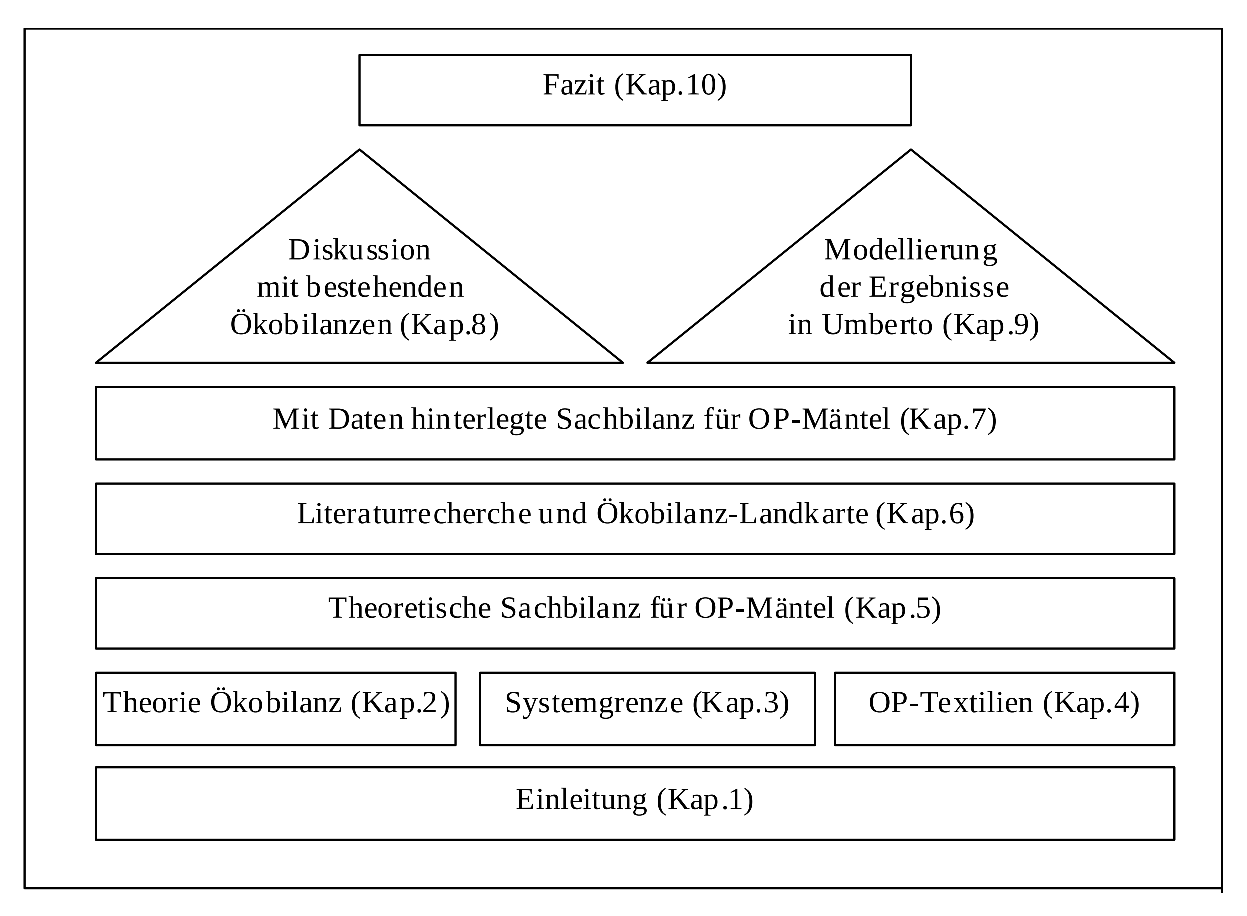


Abb. 1: Aufbau der Diplomarbeit

(Quelle: Eigene Darstellung)

Eingebetet ist die Diplomarbeit in das Forschungsprojekt: Evaluierung von OP-Textilien nach hygienischen, ökologischen und ökonomischen Kriterien – Teilprojekt "Ökologische und ökonomische Bewertung der Wiederaufbereitung und des Erhalts der Barrierewirkung in Abhängigkeit von den Nutzungszyklen" an der TU Dresden. Ziel des Teilprojektes ist unter anderem die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus der OP-Textilien und die Verknüpfung mit den Instrumenten Umweltleistungsmessung und Life Cycle Costing.[4] Damit verbunden leitet sich die Zielgruppe der Sachbilanz ab. Sie setzt sich aus den Herstellern der OP-Textilien, den Nutzern, sowie interessierten Dritten zusammen.

Im ersten Schritt werden die Inhalte, der Aufbau und die Ziele einer Ökobilanz bzw. einer Sachbilanz theoretisch erläutert. Es wird gezeigt, welche Bestandteile in die jeweilige Analyse gehören und welche Unterschiede zwischen ihnen bestehen. Des Weiteren werden die Ziele einer Ökobilanz vorgestellt sowie ein Hinweis darauf gegeben, warum dieses Instrument zur Analyse der ökologischen Einwirkung eines Produktes eingesetzt wird. Diese Darstellung der Methodik einer Ökobilanz bildet den Einstieg in die Erstellung der Sachbilanz für die OP-Textilien.

[4] Vgl. TU DRESDEN, PROFESSUR FÜR BETRIEBLICHE UMWELTÖKONOMIE (Hrsg.) (2006), o. S.

2 Die Ökobilanz

2.1 Ziel der Ökobilanzierung

Die Ökobilanzmethode, häufig auch mit dem englischen Synonym „Life Cycle Assessment“ kurz LCA bezeichnet, ist ein Managementinstrument zur ökologischen Optimierung bzw. ökologischen Einordnung eines Prozesses, eines Produktes oder einer Dienstleistung.[5] Die Definition der Ökobilanz lautet bei Allen Astrup Jensen folgendermaßen:

> „Life-Cycle Assessment is a process to evaluate the environmental burdens associated with a product, process, or activity by identifying and quantifying energy and materials used and wastes released to the environment; to assess the impact of those energy and material uses and releases to the environment; and to identify and evaluate opportunities to affect environmental improvements. The assessment includes the entire life cycle of the product, process, or activity, encompassing extracting and processing raw materials; manufacturing, transportation and distribution; re-use, maintenance; recycling, and final disposal.
>
> The Life-Cycle Assessment (LCA) addresses environmental impacts of the system under study in the area of ecological health, human health and resource depletion. It does not address economic considerations or social effects. ...“[6]

Im Rahmen des Umweltmanagements wird versucht den betrieblichen Entscheidungsprozess so zu beeinflussen, dass umweltrelevante Daten eine adäquate Berücksichtigung finden. Hierfür bedarf es einer methodischen Informationsbeschaffung, Informationsdarstellung, Informationsanalyse und Informationsbewertung. Dies hat den Vorteil, dass sich Entscheidungsprozesse transparent und klar darstellen lassen und die Entscheidungsfindung beschleunigt wird. Zudem werden die ökologischen Daten systematisch erfasst.[7] Ein mögliches Instrument dafür ist die Ökobilanz.

2.2 Methodik der Ökobilanz

Durch das Deutsche Institut für Normung (DIN) ist seit 1997 der normierte Aufbau einer Ökobilanz vorgegeben. In der Normenreihe DIN EN ISO 14040 ff[8] sind die Anforderungen und Grundsätze für die Ökobilanzierung festgeschrieben. Diese Normen wurden im Jahr 2005 überarbeitet und als Entwurf zur Diskussion gestellt.

Bei der Ökobilanzierung wird der gesamte Lebenszyklus eines Produktes[9] von der Wiege (Herstellung) bis zur Bahre (Entsorgung) betrachtet. Eine Ökobilanz-Studie setzt sich dabei aus den vier Bestandteilen Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung sowie Auswertung der Ergebnisse zusammen.[10] Die

---

[5] Vgl. GROPPER, H. u. a. (2004), S. 6.
[6] Vgl. JENSEN, A. A. u. a. (2004), S. 12.
[7] Vgl. KOSTKA, S.; HASSAN, A. (1997), S. 135.
[8] Bestandteil der Normenreihe sind: E DIN EN ISO 14040:2005 Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen; DIN EN ISO 14041:1998 Ökobilanz – Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz; DIN EN ISO 14042:2000 Ökobilanz - Wirkungsabschätzung; DIN EN ISO 14043:2000 Ökobilanz - Auswertung; E DIN EN ISO 14044:2005 Ökobilanz – Anforderungen und Anleitung.
[9] Mit Produkt werden sämtliche Waren und Dienstleistungen bezeichnet, vgl. NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005), S. 10.
[10] Vgl. NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005), S. 13.

Wirkungsabschätzung entfällt bei einer Sachbilanz-Studie. Der Zusammenhang der Bestandteile einer Ökobilanz- bzw. Sachbilanz-Studie ist in Abbildung 2 dargestellt.

Im Folgenden sollen die einzelnen Bestandteile einer Ökobilanz genauer erläutert werden.

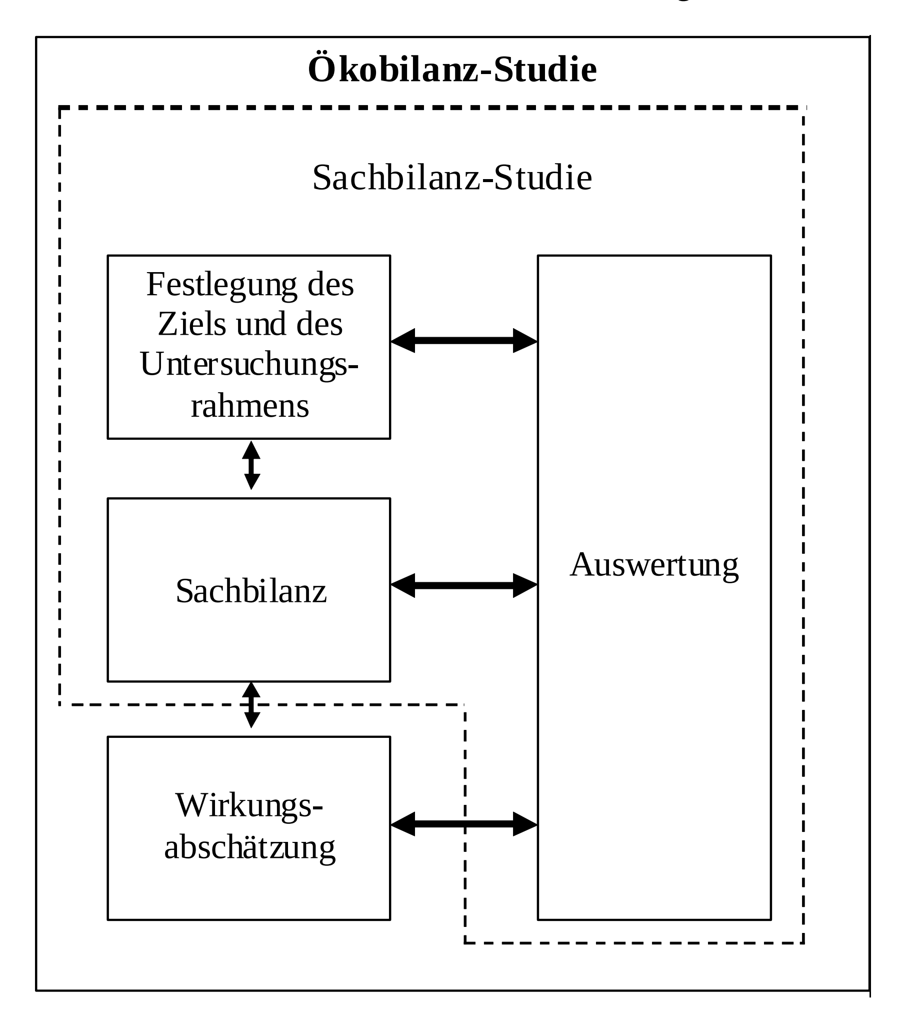


Abb. 2: Bestandteile einer Ökobilanz bzw. Sachbilanz

(in Anlehnung an: NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005a), S. 13.)

2.2.1 Zieldefinition

Zur Zieldefinition gehört nach DIN EN ISO 14040 die Definition des Untersuchungsziels und die Festlegung des Untersuchungsrahmens, bestehend aus Systemgrenze, funktioneller Einheit und Datenqualität. Die Systemgrenze ist der technische und geografische Erfassungsraum der Daten sowie der Zeitraum über den die Ökobilanz erstellt wird. Idealerweise ist die Systemgrenze so gewählt, dass an ihren Grenzen nur noch Elementarflüsse als Input oder Output auftreten. Die Sicherstellung der Vergleichbarkeit von zwei oder mehreren Ökobilanzen erfordert die Festlegung einer funktionellen Einheit. Sie ist die Größe auf die alle Input- und Outputströme bezogen werden. Vergleichbar sind zwei Verfahren, wenn sie die gleiche Funktion erfüllen oder denselben Nutzen erzeugen.[11]

[11] Vgl. NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005a), S. 18 f.

2.2.2 Sachbilanz

Die Sachbilanz stellt die Grundlage für die spätere Wirkungsbilanz dar. In ihr werden die Daten der Input- und Outputströme des Produktsystems gesammelt und quantifiziert.[12] Es wird ein Bezug zwischen den Energie- sowie Stoffverbräuchen und der funktionellen Einheit hergestellt. Zur leichteren Erstellung der Sachbilanz wird das Produktsystem in einzelne Module unterteilt und diese Module wiederum in Untermodule. Jedes Modul stellt ein klar voneinander abgrenzbares System dar, für welches eine Teilsachbilanz erstellt wird. Die Summe der Teilsachbilanzen ergibt die Sachbilanz. In der Literatur wird die Sachbilanz auch als Ökoinventar bezeichnet.[13]

2.2.3 Wirkungsabschätzung

Die in der Sachbilanz zusammengetragenen Daten werden in der Wirkungsbilanz gebündelt, um daraus die Bedeutung der potentiellen Umweltauswirkungen ableiten zu können. Zu diesem Zweck werden den einzelnen Stoff- und Energiearten innerhalb der Sachbilanz spezifische Wirkungskategorien (z.B. Versauerung, Treibhauseffekt,…) zugeordnet. Dieser Vorgang wird als Klassifizierung bezeichnet. Innerhalb der Wirkungskategorien werden die Sachbilanzergebnisse in den jeweiligen Wirkungsindikator, entsprechend ihrem Anteil an der Umweltauswirkung, umgerechnet und zusammengefasst. Das heißt, es wird eine Charakterisierung vorgenommen.[14]

Zu beachten ist, dass die unterschiedlichen Wirkungskategorien miteinander weder qualitativ noch quantitativ vergleichbar sind. Es lassen sich aber einzelne Wirkungskategorien verschiedener Produkte miteinander vergleichen.

2.2.4 Auswertung

Die Auswertungsphase bildet die abschließende gemeinsame Betrachtung der Ergebnisse der Sach- und der Wirkungsbilanz bzw. bei der Sachbilanz-Studie nur des Teils der Sachbilanz. Es sollen in Übereinstimmung mit der Zieldefinition sowie dem Untersuchungsrahmen Schlussfolgerungen, Erläuterungen von Einschränkungen und Handlungsempfehlungen gegeben werden.[15] Dazu sollen innerhalb der Studie die signifikanten Parameter ermittelt werden. Zudem erfolgt eine Beurteilung der Güte der Ökobilanz durch die Prüfung auf Vollständigkeit, Sensitivität und Konsistenz.[16]

Entsprechend diesen Erläuterungen wird in den folgenden Kapiteln eine Sachbilanz-Studie für Operationswäsche erstellt. Beginnend mit der Zieldefinition in Kapitel 3, über die Erstellung einer Sachbilanz in den Kapiteln 5, 6, 7 und abschließend einer Auswertungen der Ergebnisse im Kapitel 8.

---

[12] Vgl. NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005a), S. 19.
[13] Vgl. DALL´ACQUA, S. u. a. (1999), S. 7; HABERSATTER, K. u. a. (1996a), S. 3.
[14] Vgl. NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005a), S. 20 f.
[15] Vgl. NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005a), S. 22.
[16] Vgl. NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005b), S. 32 f.

3 Vorgehensweise und Systemdefinition

Die Sachbilanz-Studie ist eine in Module unterteilte Betrachtung der Operationswäsche (OP-Wäsche) bzw. der verwendeten Rohstoffe entlang des Lebenszyklus. Es werden dabei die Lebenszyklusabschnitte:

- Rohstoffgewinnung und -bereitstellung
- Herstellung der Operationswäsche
- Gebrauchsphase
- Recycling und Entsorgung

durch den Autor unterschieden. Für jeden Lebenszyklus werden die umweltrelevanten Daten erfasst. Dabei spielen insbesondere die Input- und Outputströme der einzelnen Teilmodule eine wichtige Rolle.

Zweck der Ökobilanzierung ist die Identifikation des OP-Textils mit der geringsten Umweltbelastung. Ziel der vorliegenden Sachbilanz-Studie ist die Darstellung aller umweltrelevanten Stoff- und Energieströme sowie ihrer Zusammenhänge, bezogen auf die verschiedenen Varianten der OP-Textilien. Damit verknüpft, ist das Ziel der Adaptierung bekannter Bilanzierungs- und Bewertungsverfahren auf die Sachbilanzierung von OP-Textilien unter Berücksichtigung der erforderlichen Komplexitätsreduzierung.

Um die Komplexität auf ein operables Maß zu reduzieren, werden als Leitparameter für die Studie der Energieverbrauch, der Wasserverbrauch, der erzeugte Abfall sowie die Menge der produzierten Emissionen in Wasser und Luft festgelegt. Dabei wird durch den Autor die Einschränkung gemacht, dass Stoffe, Prozesse, Module oder Phasen nicht bilanziert werden, wenn sie von nachrangiger Bedeutung für die Umwelteinwirkung sind. Darunter fallen zum Beispiel Hilfsstoffe wie Schmiermittel oder Aufwendungen für die Herstellung von Maschinen, Werkzeugen und die für die Herstellung und Reinigung der Textilien genutzte Infrastruktur (Gebäude, Lager etc.).[17] Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das zu bilanzierende System alle Tätigkeiten der Herstellung, des Gebrauches und der Entsorgung von OP-Textilien umfassen soll.

Als weitere Einschränkung für diese Arbeit gilt, dass die Transportwege nicht betrachtet werden. Grund dafür ist, dass sich die Transportentfernungen nur sehr schwer verallgemeinern lassen. Im Jahr 2003 gab es allein in Deutschland 916 Unternehmen im Textilgewerbe.[18] Hinzu kommt eine ungemein größere Anzahl von Textilherstellern im Ausland. Diese Vielzahl von möglichen Produktions- bzw. Verarbeitungsstandorten ergibt eine sehr breite Streuung der Transportentfernungen. Der Umfang der zu bewertenden Transportkilometer zwischen den einzelnen Stationen des Lebensweges von OP-Textilien kann selbst bei identischen Produkten sehr unterschiedlich sein. Daher ist aus Sicht des Verfassers die getrennte Erstellung einer Sachbilanz für die Transportwege, bezogen auf den speziell betrachteten Einzelfall sinnvoller. Ein zweiter Grund für die gesonderte Betrachtung der Transportkette ist, dass durch die Transportwege das Ergebnis der Ökobilanz verfälscht werden kann. Ein ökologisch günstiges

[17] Vgl. BEHREND, S. u. a. (1998), S. 14.
[18] Vgl. GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN TEXTIL- UND MODEINDUSTRIE E.V. (Hrsg.) (2005), S. 3.

Produkt kann in der Bilanzierungen hinter ein anderes Produkt zurückfallen, wenn eine ungünstige Konstellation der Produktionsstandorte gewählt wird. Folge kann nach Meinung des Autors sein, dass das Potential eines bestimmten Produktes nicht erkannt wird und eine Empfehlung für ein ökologisch schlechteres Produkt gegeben wird. Um diesen Sachverhalt zu verdeutlichen, soll im Folgenden ein kurzes Beispiel skizziert werden.

Es existieren zwei Hersteller von OP-Textilien. Hersteller A und Hersteller B. Die Lage der Hersteller zwischen ihrem Vorproduzenten (V) und dem Krankenhaus (K) wird in Abbildung 3 veranschaulicht. Hersteller A produziert ohne Betrachtung der Transportwege das ökologisch günstigere (+), Hersteller B das ungünstigere Produkt (-). Wird die Ökobilanz incl. Transportwegen erstellt, so verändert sich die Gesamtbilanz dahingehend, dass B jetzt das ökologisch günstigere Produkt anbietet und A das Ungünstigere. Grund dafür ist die im Vergleich zu B längere Wegstrecke zwischen Vorproduzent (V), Hersteller A und dem Krankenhaus (K). Es wird nun die Annahme getroffen, dass Hersteller B seine Produktion auf das Verfahren von A umstellt, weil er weiß, dass er dadurch seine Ökobilanz verbessern kann (von – zu +). Daraus resultiert in der Gesamtbilanz eine gesteigerte Verbesserung der Ökobilanz (++). Aus Sicht des Verfassers ist dies ein entscheidender Grund für die Trennung der Sachbilanzen bzgl. der Herstellung und der Transportwege, da sich nur auf diese Weise Entwicklungspotentiale erkennen lassen.

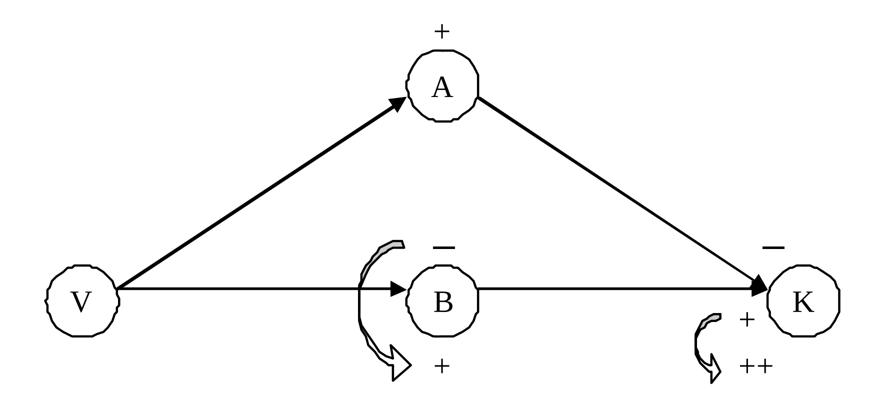


Abb. 3: Beispiel für die Veränderung der Sachbilanz durch Transportwege

(Quelle: Eigene Darstellung)

Die funktionelle Einheit, die in dieser Studie angewendet wird, ist ein OP-Mantel. Der „Norm“-OP-Mantel in der Größe `Large´ hat eine Länge von 1,30 m.[19] Auf diesen Mantel werden alle Stoff- und Energieverbräuche bezogen und anhand dieses „Norm“-Mantels werden die Ergebnisse der Studie abgeleitet. Zu der funktionellen Einheit gehört jeweils auch die Verpackung des OP-Mantels. Die Ergebnisse der Studie lassen sich anschließend leicht auf die OP-Abdecktücher übertragen, da diese aus demselben Material bestehen wie die OP-Mäntel. Die Stoffe im wundnahen Bereich der Abdecktücher sind vergleichbar mit denen der Barrierezone bei den OP-Mänteln. Die gewichtsbezogenen Stoffflüsse in der Rohstoffgewinnung, beim Gebrauch und in der Entsorgung sind identisch. Einzig bei der Konfektion in der Herstellungsphase treten Differenzen auf.

[19] Vgl. GUPFINGER, H.; PLADERER, C. (2000), S. 60.

Als Datenquellen für die folgende Sachbilanz-Studie werden alle verfügbaren Unternehmensberichte, Studien und Veröffentlichungen herangezogen, die helfen, eines der Module der Sachbilanz zu verifizieren. Werte, die durch eine intensive Recherche der zur Verfügung stehenden Literatur nicht ermittelt werden können, werden durch den Autor geschätzt und diese Schätzungen anschließend begründet.

Bevor jedoch eine Analyse möglich ist, soll im folgenden Kapitel auf die OP-Textilien und die an sie gestellten Anforderungen näher eingegangen werden.

4 Übersicht der zu bilanzierenden OP-Textilien

Operationstextilien haben die Aufgabe, den Patienten und das medizinische Personal während eines chirurgischen Eingriffs vor der Übertragung von Infektionen zu schützen.[20] An moderne OP-Textilien werden heute aber neben dieser Grundfunktion noch eine Vielzahl weiterer Anforderungen gestellt. Noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts trug der Operateur bei seinen öffentlich zugänglichen Operationen einen Frack.[21] Mit der Entwicklung der Medizin wurde die Bedeutung der Hygiene bei operativen Eingriffen erkannt und es wurden spezielle Operationsschutztextilien entwickelt. Gegenwärtig muss ein OP-Textil hygienische, physikalische, chemische und ergonomische Anforderungen erfüllen.[22] Entsprechend dem Medizinproduktegesetz (MPG) handelt es sich bei OP-Bekleidung um Medizinprodukte, da sie „…mittels ihrer Funktion zum Zwecke der Erkennung, Verhütung, Überwachung, Behandlung oder Linderung von Krankheiten …“[23] dienen. Mit der europäischen Normenreihe EN 13795 werden die Anforderungen und die Prüfkriterien für OP-Mäntel und OP-Abdeckungen festgelegt. Abbildung 4 zeigt die Kriterien, welche bei der Bewertung von OP-Textilien beachtet werden müssen.

hygienisch	**physikalisch**	**chemisch**	**ergonomisch**
• Widerstandsfähigkeit gegen Keimpenetration • Partikelfreisetzung • Widerstandsfähigkeit gegen Flüssigkeits-penetration	• Berstfestigkeit • Reißfestigkeit • Antistatik • Absorptions-verhalten	• Reinigungs-verhalten • Farbechtheit • Toxizität • Reinheit	• Wasserdampf-durchlässigkeit • Luftdurchlässigkeit • Feuchteaufnahme • Gewicht

Abb. 4: Kriterien für die Beurteilung von OP-Textilien

(in Anlehnung an: EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG (Hrsg.) (2002), S. 8 sowie PIETSCH, K.; HOPPE, H. (2003), o. S.)

Für die weiteren Untersuchungen innerhalb dieser Arbeit werden durch den Autor nur noch Textilien herangezogen, welche alle gesetzlichen Anforderungen erfüllen. Dies ist auch der Grund, warum die lange Zeit gebräuchlichen Baumwollstoffe hier nicht mehr betrachtet werden. Sie sind keim- und flüssigkeitsdurchlässig und entsprechen damit nicht mehr den Anforderungen der EU-Norm.[24]

Auf dem deutschen Markt werden Einweg- sowie Mehrweg-OP-Textilien angeboten. Es werden dabei Mäntel in den Ausführungen „Standard Performance“ (SP-Qualität) und „High Performance“ (HP-Qualität) unterschieden.[25] Der behandelnde Arzt muss abhängig von den Belastungen auf das Textil während der Operation entscheiden, welche Qualität er beim jeweiligen Eingriff für erforderlich hält. Die Belastung ist unter anderem abhängig von der

---

[20] Vgl. EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG (Hrsg.) (2002), S. 5.
[21] Vgl. GUNDERMANN, K.-O. (1991), S. 282.
[22] Vgl. MITTERMAYER, H. (2004), S. 3 f.
[23] MPG §3/1
[24] Vgl. KLINIK-MANAGEMENT-CONSULTING GMBH (Hrsg.) (2002), S. 5 ff.
[25] Vgl. FELTGEN, M.; SCHMITT, O.; WERNER, H.-P. (2000), S. 28.

Art der Operation und der spezifischen Situation des Patienten.[26] In der Regel wird der Operateur einen „High Performance“-Mantel tragen und die OP-Schwestern einen Mantel in SP-Qualität. Zusätzlich sind die „kritischen“ Bereiche im wundnahen Bereich, wie zum Beispiel die Ärmel und die Front, bei einem HP-Mantel verstärkt. Die Erfüllung der unterschiedlichen Anforderungen an ein OP-Textil kann mittels verschiedener Textilkonstruktionen erreicht werden. Es werden Gewebe, Vlies, Folien oder Maschenwaren eingesetzt. Jedoch erst die Kombination von verschiedenen Materialien ermöglicht die Erfüllung aller Anforderungen an das Textil.[27] Zum Beispiel werden die „kritischen“ Bereiche eines OP-Mantels aus einem Verbundmaterial, bestehend aus Vliesstoff mit einer Polyethylenfolie und die Rückseite im unkritischen Bereich nur aus Vliesstoff gefertigt. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die OP-Mäntel und ihre Spezifizierungen, für welche die weiteren Untersuchungen durchgeführt werden. Sie entsprechen den Mänteln im Forschungsvorhaben: „Evaluierung von OP-Textilien nach hygienischen, ökologischen und ökonomischen Kriterien“ des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), welches an der Technischen Universität Dresden läuft. Die Kurz-Identifikation (Kurz-ID) ist aus dem Projekt übernommen. Sie wird in den weiteren Darstellungen vom Verfasser zur Bezeichnung der Mäntel verwendet. Die Mäntel des BMBF-Projektes werden gewählt, da für sie eine sichere Datengrundlage bezüglich der Textilstoffe sowie des Aufbaus besteht.

Die dargestellten Bestandteil und Flächenbildungsverfahren in den Tabellen bilden die Leitlinie für die Erstellung der theoretischen Sachbilanz. In ihre sollen die Fertigungsverfahren für die benannten Materialien dargestellt werden.

[26] Vgl. FELTGEN, M.; SCHMITT, O.; WERNER, H.-P. (2000), S. 36.
[27] Vgl. LÜNENSCHLOß, J.; ALBRECHT, W. (Hrsg.) (1982), S. 290.

Einweg-OP-Textilien						
Kurz-ID	**Bestandteile**	**Flächenbildungs-verfahren**	**Flächengebilde**	**Bereich am Kittel**	**Gesamt-gewicht**	**Quelle**
Kittel D HP (High-Performance)	Polypropylen (PP)	Vliesbildungsverfahren: Spinnvliesverfahren/ Meltblown (SMS); thermobondverfestigt	2 Lagen PP-Vliesstoff	Front- und Ärmelbereich (Barrierezone)	177,3 g	GEBHARDT, A. (2004)
			PP-Vliesstoff	Rückenbereich (Standardzone)		
Kittel D SP (Standard-Performance)	Polypropylen (PP)	Vliesbildungsverfahren: Spinnvliesverfahren/ Meltblown (SMS); thermobondverfestigt	thermobondverfestigter PP-Vliesstoff (SMS-Struktur)	Vlies für Vorderteil, Ärmel, Rückenteil	137,9 g	GEBHARDT, A. (2004)
Kittel E HP (High-Performance)	Polyester (PES)	Vliesbildungsverfahren: Spinnvliesverfahren; wasserstrahlverfestigt	PES-Zellstoff-Vliesstoff	Vlies für Vorderteil, Ärmel, Rückenteil	250,5 g	GEBHARDT, A. (2004)
	Polypropylen (PP)					
	Zellstoff (Viskose CV)		PE-Folie	Frontbereich (Barrierezone)		
	Polyethylen (PE)		PP-Folie mit PE-Vliesstoff	Ärmelbereich (Barrierezone)		
Kittel E SP (Standard-Performance)	Polyester (PES)	Vliesbildungsverfahren: Spinnvliesverfahren; wasserstrahlverfestigt	PES-Zellstoff-Vliesstoff	Vlies für Vorderteil, Ärmel, Rückenteil	180,3 g	GEBHARDT, A. (2004)
	Zellstoff (Viskose CV)					
Kittel F HP (High-Performance)	Polyester (PES)	Vliesbildungsverfahren: Spinnvliesverfahren; wasserstrahlverfestigt	PES-Zellstoff-Vliesstoff	Vlies für Vorderteil, Ärmel, Rückenteil	209,5 g	GEBHARDT, A. (2004)
	Polypropylen (PP)		PE-Folie mit Zellstoff-Vliesstoff	Frontbereich (Barrierezone)		
	Zellstoff (Viskose CV)		PP-Folie mit PE-Vliesstoff	Ärmelbereich (Barrierezone)		
	Polyethylen (PE)					
Kittel F SP (Standard-Performance)	Polyester (PES)	Vliesbildungsverfahren: Spinnvliesverfahren; wasserstrahlverfestigt	PES-Zellstoff-Vliesstoff	Vlies für Vorderteil, Ärmel, Rückenteil	180,6 g	GEBHARDT, A. (2004)
	Zellstoff (Viskose CV)					

Abb. 5: Übersicht Einweg-OP-Textilien

(Quelle: Eigene Darstellung)

Mehrweg-OP-Textilien						
Kurz-ID	**Bestandteile**	**Flächenbildungs-verfahren**	**Flächengebilde**	**Bereich am Kittel**	**Gesamt-gewicht**	**Quelle**
Kittel A HP (High-Performance)	Polyester (PES) Baumwolle (CO) Silikon	Gewebe	silikonbeschichtetes Polyestergewebe Polyester-Baumwoll-Mischgewebe	Obergewebe für Vorderteil und Untergewebe für Vorderteil, Ärmel, Rückenteil	716,9 g	GEBHARDT, A. (2000)
Kittel A SP (Standard-Performance)	Polyester (PES)	Gewebe	Polyestergewebe	Gewebe für Vorderteil, Ärmel, Rückenteil	402,9 g	GEBHARDT, A. (2000)
Kittel B HP (High-Performance)	Polyester (PES) Polyurethan (PU)	Maschenware	Trilaminat PES/PU-Membran/PES	Gewebe für Vorderteil, Ärmel, Rückenteil	546g	SCHMIDT, A. (2000) + PIETSCH, K. (2005)
Kittel C HP (High-Performance) (Gore-Tex)	Polyester (PES) Polytetrafluor-ethylenfasern (PTFE)	Maschenware	Trilaminat PES/PTFE-Membran/PES	Gewebe für Vorderteil, Ärmel, Rückenteil	546g	SCHMIDT, A. (2000) + PIETSCH, K. (2005)
Kittel B,C HP (Standard-Performance)	Polyester (PES) Flurcarbonharz-ausrüstung (FC)	Gewebe	Polyestermikrofilament-gewebe	Gewebe für Vorderteil, Ärmel, Rückenteil	311 g	SCHMIDT, A. (2000) + PIETSCH, K. (2005)

Abb. 6: Übersicht Mehrweg-OP-Textilien

(Quelle: Eigene Darstellung)

5 Erstellung einer theoretischen Sachbilanz

Für die Erstellung der Sachbilanz wird im folgenden Kapitel eine Darstellung der theoretisch möglichen Stoffströme erarbeitet. Es werden die einzelnen Module entlang des Lebensweges eingeteilt und für die einzelnen Fertigungsschritte innerhalb der Module die Input- und Outputstoffe benannt. Dabei muss vom Autor darauf hingewiesen werden, dass nur die wichtigsten Input- und Outputstoffe dargestellt werden können. Der Textilhilfsmittelkatalog des Verbandes der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbmittel- und Waschrohstoff-Industrie e.V. (TEGEWA) nennt über 7.000 Handelsprodukte, die für die Herstellung von Textilien eingesetzt werden können.[28] Aus diesem Grund wird vom Autor eine Beschränkung vorgenommen, um die Handhabbarkeit zu gewährleisten.

Die Darstellung der Stoffströme ist nur bei genauer Betrachtung und Kenntnis der Abläufe innerhalb der eingesetzten Fertigungsverfahren möglich. Eine mit Zahlenwerten hinterlegte Ausarbeitung der benötigten Stoff- und Energiemengen für die einzelnen Prozessschritte sowie eine Normierung auf die funktionelle Einheit folgt in Kapitel 7. Die theoretische Sachbilanz bildet die Grundlage für die nachfolgende Erstellung der Ökobilanz-Landkarte sowie die darauf aufbauende mit Daten hinterlegte Sachbilanz.

Der Lebensweg der OP-Textilien bildet den Leitfaden für die Sachbilanz. Er beginnt in der Wiege (Rohstofferzeugung) und endet an der Bahre (Entsorgung). Abbildung 7 zeigt die Phasen des Lebensweges sowie die Module innerhalb der einzelnen Abschnitte. Diese werden im Folgenden erläutert.

5.1 Modul Rohstoffherstellung

Ausgangsprodukte für die Herstellung von OP-Textilien sind natürliche wie auch chemische Produkte. Zu den natürlichen Produkten gehören Baumwolle und Holz. Die chemischen Rohstoffe werden aus Erdöl und Erdgas gewonnen.

5.1.1 Herstellung Zellstoff

Zellstoff bildet den Rohstoff für eine Vielzahl von Produkten. Er wird sowohl zur Herstellung von Kunstfasern, als auch zur Erzeugung von Papier und Pappe verwendet. Ausgangsstoff in der Herstellung von Zellstoff ist zum einen Holz und zum anderen Altpapier. Für die Erzeugung von hochwertigem Chemiezellstoff für die Bekleidungsindustrie können nur reine Holzfasern eingesetzt werden. Papierzellstoff lässt sich auch aus Rinde und Altpapier herstellen. Die weltweit am stärksten verbreiteten Verfahren zur Produktion von Zellstoff sind das Sulfitverfahren und das Sulfatverfahren. Bei diesen Verfahren wird durch chemische Reaktion das stützende Lignin im Holz in Lösung gebracht und die Cellulosefasern freigelegt.[29] Die Zellstoffproduktion beginnt beim Sulfitverfahren mit Hackschnitzeln, die gewaschen und vorgedämpft werden. Die Hackschnitzel können aus Rundholz gewonnen oder als Sägewerksabfälle bezogen werden. Die bei der Herstellung von Hackschnitzeln anfallende Rinde wird als Rindenmulch, in der Kompostierung oder als Brennstoff

---

[28] Vgl. VERBAND DER TEXTILHILFSMITTEL-, LEDERHILFSMITTEL-, GERBSTOFF- UND WASCHROHSTOFF-INDUSTRIE E. V. (Hrsg.) (2004), S. 3.

[29] Vgl. BOS, J. H. u. a. (1999), S. 104.

verwendet.[30] Die gewaschenen Hackschnitzel werden den Kochern zugeführt und im Batch-Verfahren mit Kochsäure unter Druck und Temperatur durch Zugabe von direktem Dampf mehrere Stunden gekocht. In der Ankochphase bewirkt die Zugabe der Kochsäure Schwefeldioxid (SO_2) das Sulfonieren des Lignin. Das sulfonierte Lignin wird dann durch die Schwefelsäure gelöst. Dies geschieht in der Fertigkochphase bei ca. 130 bis 145 °C über einen Zeitraum von drei bis acht Stunden. Nach Beendigung des Kochvorganges wird der Zellstoff ausgeblasen und die Kochsäure abgelassen. Der Zellstoff wird sortiert, gewaschen, getrocknet und der Bleiche zugeführt. Die Ablauge wird eingedampft und der Verbrennung mit Chemikalienrückgewinnung zugeführt.[31]

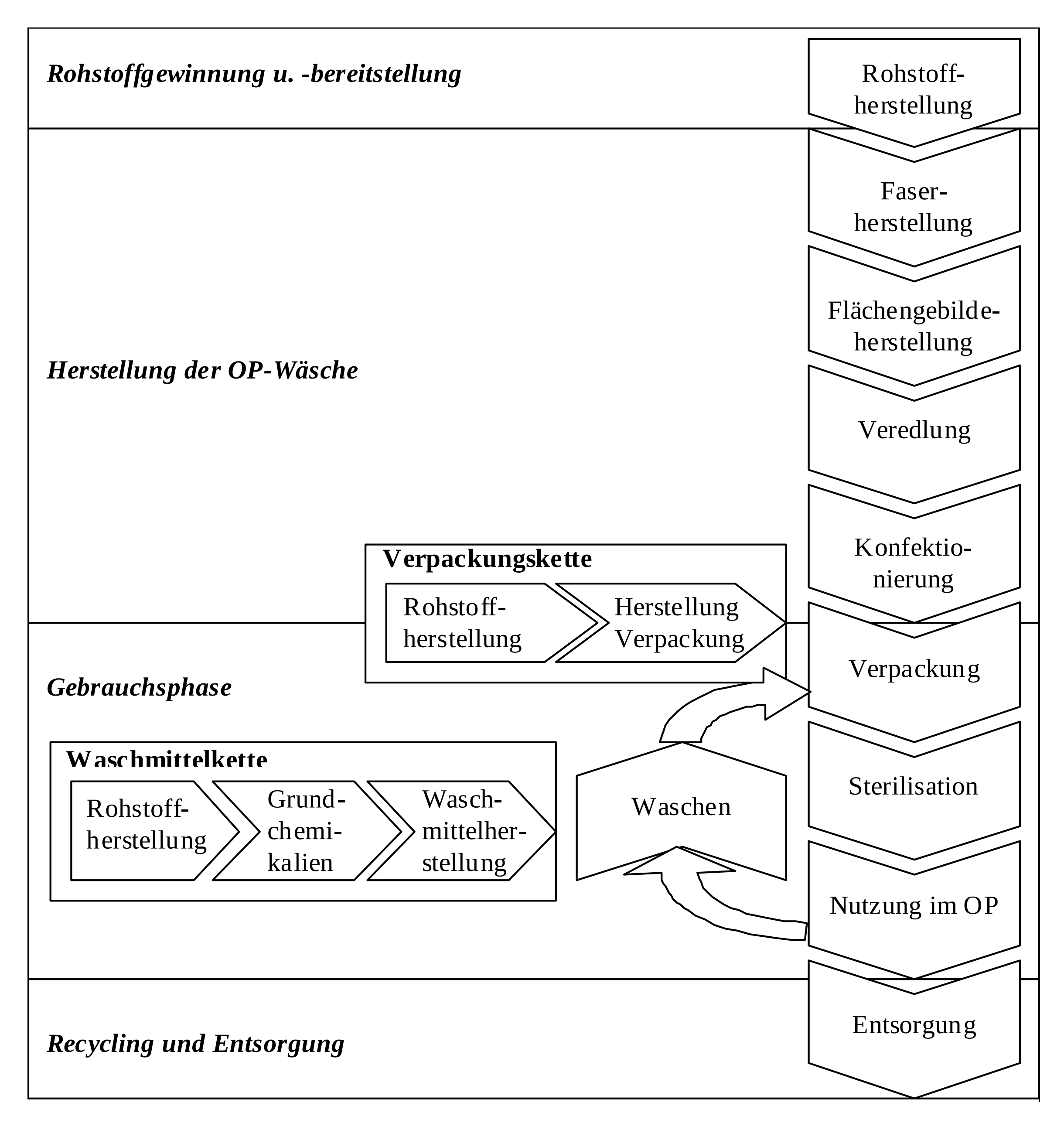


Abb. 7: Lebensweg von OP-Textilien und Module der Sachbilanz

(Quelle: Eigene Darstellung)

[30] Vgl. BOS, J. H. u. a. (1999), S. 58.
[31] Vgl. BOS, J. H. u. a. (1999), S. 106.

Beim Sulfatverfahren kann Zellstoff in einem kontinuierlichen Prozess gewonnen werden. Die Hackschnitzel werden in einer Dampfkammer entlüftet, damit eine schnelle Durchtränkung mit der Imprägnierlauge, bestehend aus Natriumsulfid, erfolgen kann. Anschließend werden die Hackschnitzel ein bis drei Stunden bei 160 bis 180 °C in einer Kochflüssigkeit aus Natronlauge und Soda gekocht. Der aufgespaltene Zellstoff wird ausgeblasen, gewaschen, sortiert und getrocknet und dann ebenfalls der Bleiche zugeführt. Die Ablauge wird abgelassen und in einem geschlossenen System auf 80 Prozent eingedampft. Durch Zugabe von Glaubersalz wird daraus im Rückgewinnungskessel „Grünlauge“ gewonnen. Diese kann nach einer Reinigung und der Zugabe von Kalkmilch als frische Kochlauge in der Zellstoffgewinnung eingesetzt werden.[32]

Unabhängig vom Verfahren fallen bei der Zellstoffproduktion Nebenprodukte an, die in anderen Bereichen eingesetzt werden können. Unter anderem entsteht Zucker, Äthylalkohol und Hefe.[33]

Ungebleichter Zellstoff ist bräunlich gefärbt. Um die erforderliche Weiße zu erhalten wird der Zellstoff gebleicht. Dies erfolgt meist in direktem Anschluss an den Zellstoffaufschluss als integrierter Prozess in der Zellstofffabrik. Da bei der Bleiche mit Chlor Dioxine entstehen können, werden heute überwiegend ECF „elementarchlorfreie“ oder TCF „total chlorfreie“ Bleichverfahren angewendet. Als Ersatz für Chlor wird Sauerstoff in einem mehrstufigen Verfahren eingesetzt. Dabei sollte die Prozesstemperatur zwischen 80 und 140 °C liegen. Die entstehenden Abwässer können als Waschwasser in der Zellstofferzeugung eingesetzt werden.[34]

5.1.2 Herstellung Baumwollfasern

Baumwolle, als natürliches Produkt, hat von allen Pflanzenarten den höchsten Celluloseanteil und ist frei von Holzbestandteilen. Erzeugt wird Baumwolle in der industrialisierten Agrarwirtschaft als Monokultur. Die wichtigsten Erzeugerländer sind die USA, die Volksrepublik China, die Länder der GUS, Indien und Pakistan mit einem Anteil von rund 75 Prozent an der Weltproduktion.[35] Die Anbaumethoden sind abhängig vom Herstellerland unterschiedlich weit entwickelt. Die Pflanzen wachsen strauch- oder baumartig und erreichen je nach Art, Boden, Klima und Kulturmethode eine Höhe von 25 cm bis über 2 m. Der Anbau der Baumwollpflanzen ist mit einem hohen Wasserverbrauch und einem starken Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln verbunden. Von der Aussaat bis zur Ernte verstreichen 175 bis 225 Tage. Das Pflücken der Baumwolle kann von Hand oder durch Maschinen erfolgen. Für die maschinelle Ernte stehen zwei Arten zur Verfügung. Zum einen mittels einer Abstreifmaschine (Stripper), bei der die Pflanzen zuvor durch Chemieeinsatz künstlich entlaubt werden und zum anderen der Spindelpflüger (Spindle Picker), bei dem eine Vorbehandlung der Pflanzen nicht notwendig ist. Nach der Ernte werden die Baumwollsamen entkörnt. Für die Entkörnung werden Sägeegerniermaschinen (Saw Gin) oder

---

[32] Vgl. BOS, J. H. u. a. (1999), S. 109 ff.
[33] Vgl. BOS, J. H. u. a. (1999), S. 113.
[34] Vgl. BOS, J. H. u. a. (1999), S. 114 ff.
[35] Vgl. RELLER, A.; GERSTENBERG, J. (1997), S. 36.

Walzenegerniermaschinen (Roller Gin) eingesetzt. Die entkörnten Baumwollfasern werden gereinigt und zu Ballen gepresst.[36]

5.1.3 Herstellung von Polymeren

Für die Herstellung von Textilfasern werden verschiedene Polymere, wie zum Beispiel Polyester (PES), Polyethylen (PE), Polyurethan (PU), Polytetrafluorethylen (PTFE) und Polypropylen (PP) eingesetzt. Die Verfahren zum Aufbau von Polymeren gehen von kleinen Molekülen (Monomeren) aus, die durch chemische Reaktionen zu Makromolekülen (Polymeren) verbunden werden. Es werden dabei die drei Verfahren Polymerisation, Polykondensation und Polyaddition unterschieden.[37] Diese drei Polyreaktionen lassen sich durch ihren Verlauf und durch die Abspaltung von Nebenprodukten unterscheiden. Die Polymerisation verläuft stufenlos, ohne Abspaltung von Nebenprodukten. Bei der Polyaddition werden ebenfalls keine Nebenprodukte abgespalten, aber der Prozess verläuft im Gegensatz zur Polymerisation in Etappen. Die Polykondensation findet ebenfalls in Stufen statt, aber unter Abspaltung von Nebenprodukten.[38] Abbildung 8 stellt die Herstellungsverfahren der einzelnen Polymere, sowie die verwendeten Monomere und deren Katalysatoren dar.

Polymer	Herstellungsverfahren	Monomere bzw. Katalysatoren
Polyester	Polykondensation	Dicarbonsäure oder Methylester bifunktionale Alkohole oder Oxycarbonsäure
Polyethylen	Polymerisation	Ethylen Chromoxid-Katalysatoren
Polypropylen	Polymerisation	Propen Ziegler-Natta-Katalysatoren
Polyurethan	Polyaddition	Diisocyanat Diole Amin und Polyethylenglykol
Polytetrafluorethylen	Polymerisation	Tetrafluorethylen Hexafluorpropylen

Abb. 8: Darstellung der Polymere und ihre Herstellungsverfahren

(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Rohstoffe für die Erzeugung von Polymeren werden durch die Raffination von Erdöl bzw. Erdgas gewonnen. Hierfür wird in einem ersten Schritt das Erdöl durch Destillation in seine einzelnen Bestandteile Rohöl, leichtes und schweres Naphtha (Rohbenzin), Kerosin, Gasöl und Rückstandsöle getrennt. Die Destillation kann nach dem Entwässern und Entsalzen in einem zweistufigen Prozess erfolgen. Zuerst wird das Rohöl unter Zugabe von Dampf bei der atmosphärischen Destillation aufgespalten und anschließend die Topprückstände in einem Röhrenofen durch Vakuumdestillation weiter getrennt. Wichtigstes petrochemisches Primärprodukt für die Kunststoffherstellung ist das Rohbenzin, aus welchem durch Spaltung Olefine (z.B. Ethylen, Propen) und Aromaten (z.B. Benzol, Xylol) gewonnen werden.[39] Aus

[36] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 17 f.
[37] Vgl. NENTWIG, J. (2000), S. 5.
[38] Vgl. FU BERLIN (Hrsg.) (2000), o. S.
[39] Vgl. WEISSERMEL, K.; ARPE, H.-J. (1990), S. 9.

dem Erdgas lassen sich Synthesegase herstellen, die die Basis für die Produktion von Ammoniak, Methanol und Essigsäure bilden. Aufgrund dessen, dass die durch Destillation gewonnenen leichten Primärrohstoffe die Marktnachfrage nicht abdecken, werden schwere Rohbenzine durch thermische Crackprozesse in leichter siedende Produkte umgewandelt. Die Rohölausbeute wird dadurch verbessert.[40]

Die Polymerisation ist das am häufigsten angewendete Verfahren bei der Herstellung von Kunststoffen. Dabei werden chemische Verbindungen mit Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen unter zur Hilfenahme von Katalysatoren zu langkettigen Makromolekülen verbunden. Bei der Polykondensation werden Makromoleküle ebenfalls aus monomeren Grundbausteinen aufgebaut, die jedoch keine aktiven, polymerisierbaren C-C-Doppelbindungen besitzen. Vielmehr reagieren bei diesen Molekülen sogenannte funktionelle Gruppen, unter Abspaltung von zum Beispiel Wasser, miteinander zu größeren Molekülen.[41] Entstehen die Makromoleküle unter innermolekularer Verschiebung von Wasserstoffatomen ohne die Entstehung von Nebenprodukten, so handelt es sich um die Polyaddition.[42]

Einer besonderen Überwachung bedarf die Einhaltung der Grenzwerte für die Emissionen in die Luft bei der Herstellung von Polymeren. Die Technische Anleitung Luft (TA Luft) regelt die maximal zulässigen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) für die auf Menschen, Tiere und Pflanzen einwirkenden Luftverunreinigungen. Die bei der Verarbeitung entweichenden Lösemittel und Treibmittel sind zum Teil krebserregend und werden daher mittels Aktivkohlefiltern absorbiert.[43]

Im Folgenden soll nun an drei Stoffen das jeweilige Verfahren beispielhaft verdeutlicht werden.

5.1.3.1 Herstellung von Polyester

Polyester wird durch Polykondensation hergestellt, wobei zwei Verfahren dazu angewendet werden. Bei der Veresterung wird ein Molekül Essigsäure und ein Molekül Ethylalkohol unter Austritt von Wasser kondensiert. Als Katalysator muss eine starke Säure (z.B. Schwefelsäure) eingesetzt werden.[44] Es entsteht das Polyester. Wird der Ester durch Reaktion von Essigsäuremethylester und Ethylalkohol unter Abspaltung von Methanol gewonnen, wird das Verfahren als Umesterung bezeichnet. Die eigentliche Polykondensation findet in der Schmelze bei Temperaturen von 270 bis 285 ^{o}C statt.[45]

In der chemischen Industrie gibt es Bestrebungen den Verbrauch an Katalysatoren zu reduzieren. Ziel ist es, die flüchtigen, organischen Extraktionsmittel durch ionische Flüssigkeiten zu ersetzen. Die Verluste durch das Verdampfen lassen sich auf diese Weise reduzieren.[46]

---

[40] Vgl. SPEIGHT, J. G. (1999), S. 499 ff.
[41] Vgl. NENTWIG, J. (2000), S. 5 ff.
[42] Vgl. BAUER, R.; KOSLOWSKI, H. J. (1993), S. 102.
[43] Vgl. FRANK, A. (2000), S. 226 f.
[44] Vgl. KORTH, W. (2003), S. 23 f.
[45] Vgl. KORTH, W. (2003), S. 30.
[46] Vgl. KORTH, W. (2003), S. 20.

5.1.3.2 Herstellung von Polyethylen

Polyethylen wird durch Polymerisation von Ethylen gewonnen. Es sind drei verschiedene Verfahren zur Herstellung von Polyethylenen, und damit verbunden, drei unterschiedliche Arten von Polyethylenen entwickelt worden. Der erste Typ ist das Low Density Polyethylen (PE-LD). Ein Produkt, das bei sehr hohem Druck (140 bis 3500 bar) und hohen Temperaturen (200 bis 300 °C) in Röhrenreaktoren durch die Initiatoren Peroxid oder Sauerstoff gewonnen wird. PE-LD hat eine niedrige Dichte von etwa 0,925 g/cm³. Die zweite Gruppe von Polyethylenen ist das PE-HD (High Density). Hier erfolgt die Polymerisation bei nur leicht erhöhtem Druck und leicht erhöhter Temperatur mit Hilfe von metallorganischen Verbindungen oder Chromoxid-Katalysatoren. Die Reaktion erfolgt zunächst in Lösung. Im Folgenden werden die festen Teilchen durch Filtration abgetrennt, gewaschen sowie getrocknet und nach Zugabe von Stabilisatoren zum PE-Granulat verpresst. PE-HD hat im Gegensatz zu PE-LD eine höhere Dichte von ca. 0,96 g/cm³. PE-LLD (Linear Low Density) ist die dritte Art von Polyethylen. Dieses Polyethylen verbindet in sich die Eigenschaften von PE-LD, niedrige Dichte, und PE-HD, linearer Aufbau der Makromoleküle.[47]

Innerhalb der drei genannten Haupttypen gibt es eine große Vielzahl von Polyethylenen. Die Variationen ergeben sich aus dem eingesetzten Herstellungsverfahren und den benutzten Katalysatoren. Für die Folienherstellung hat insbesondere das PE-LLD an Bedeutung gewonnen.[48]

5.1.3.3 Herstellung Polyurethan

Polyurethan leitet sich von der Urethan-Gruppe (-O-CO-NH-) ab. Es ist ein Sammelbegriff für eine Vielzahl von Produkten mit diesem charakteristischen Bindeglied. Hergestellt wird Polyurethan mittels der Polyaddition von Diisocyanat und Diol.[49] Die Ausgangsprodukte für die Polyurethanherstellung müssen aufwendig getrocknet und gereinigt werden. Dazu werden sie teilweise auf bis zu 100 °C erhitzt und in Schmelze mehrere Stunden gerührt.[50] Die Polyaddition wird in Lösung durchgeführt. Die Diole Amin und Polyethylenglykol werden in einem Lösungsmittel gelöst und bei Raumtemperatur mit Diisocyanat versetzt. Der Ansatz wird langsam auf 100 °C erwärmt. Bei 40 bis 50 °C beginnt die Reaktion, erkennbar an einer plötzlichen Wärmeentwicklung. Der Gesamtprozess der Polyaddition verläuft stark exotherm. Nach zirka vier Sunden ist die Reaktion nahezu abgeschlossen und wird durch Zugabe von einigen Tropfen Methanol abgebrochen. Das Reaktionsgemisch wird in Methanol gefällt, wobei die nicht umgesetzten Monomere in Lösung gehen und aus dem Polymer entfernt werden.[51] Das entstandene Polyurethan wird der Weiterverarbeitung, zum Beispiel zur PU-Membran, zur Verfügung gestellt.

5.2 Modul Faserherstellung

Aus den Rohstoffen wird in einem zweiten Schritt eine Faser gebildet. Diese Faser dient als Ausgangsprodukt für die weitere Herstellung der textilen Flächengebilde, sowie zur Herstellung des Nähgarns. Dabei wird die Herstellung der Spinnvliesstoffe hier nicht

[47] Vgl. NENTWIG, J. (2000), S. 97 f.
[48] Vgl. NENTWIG, J. (2000), S. 98 f.
[49] Vgl. SCHMITZ, F. (1996), S. 8.
[50] Vgl. STENZEL-ROSENBAUM, M. (1999), S. 50 f.
[51] Vgl. STENZEL-ROSENBAUM, M. (1999), S. 52 f.

betrachtet, da bei diesen Stoffen die Herstellung der Faser und die Produktion des Flächengebildes in einem Schritt erfolgt und eine getrennte Bilanzierung nicht möglich ist.

5.2.1 Viskose-Spinnfasern

Viskosefasern werden mittels des Viskosespinnverfahrens hergestellt. Bei diesem Verfahren reagiert der Zellstoff unter Zugabe von Natronlauge zu Alkali-Cellulose. Diese wird nach dem Vorreiter (Abbau der Cellulosemoleküle zu kleinen Einheiten) mit Schwefelkohlenstoff behandelt. Es bildet sich Cellulose-Xantholose. Unter weiterer Zugabe von verdünnter Natronlauge entsteht eine sirupartige Masse, die Spinnlösung. Diese wird unter Druck durch die brausenartigen Spinndüsen gepresst, wobei sich die Spinndüsen in einem fließenden Spinnbad befinden, welches verdünnte Schwefelsäure, Natriumsulfat und Zinksulfat enthält. Im Spinnbad gerinnt die Viskose zu einem feinen Filament, welches im nachfolgenden Schritt verstreckt und anschließend zu Spinnfasern zerschnitten wird.[52] Abbildung 40 im Anhang 1 veranschaulicht das Verfahrensschema für die Viskoseherstellung.

5.2.2 Polyesterfilament

Ausgangspunkt für die Polyesterfilamentherstellung[53] ist das Polyestergranulat (PES-Granulat). Im Extruder wird das PES-Granulat aufgeschmolzen und unter Druck gesetzt. Bei einer Temperatur von 230 bis 240 °C wird die Schmelze durch die Spinndüsen im Spinnbalken gepresst.[54] Die austretenden Filamentfäden werden mittels eines Luftstroms gekühlt und durch das Abzugsaggregat zu einem Filamentgarn zusammengeführt. Nach der Verfestigung wird das gewonnene Filamentgarn verstreckt, gekräuselt und fixiert, um seine Verarbeitbarkeit und seine Eigenschaften zu verbessern. Zur Erhöhung der Faserfestigkeit müssen die Molekülketten parallelisiert werden. Die Polyesterfaser wird zu diesem Zweck verstreckt. Der Faserquerschnitt wird kleiner und die Moleküle richten sich in Längsrichtung aus.[55] Das entstandene Garn ist sehr glatt und muss, um zum Textil weiter verarbeitet werden zu können, gekräuselt werden. Durch das Kräuseln wird der Griff und das Wärmerückhaltevermögen sowie die Elastizität des Filamentgarns verbessert. Das Kräuseln kann mit Hilfe des Falschdrahtverfahrens erfolgen. Dabei wird das glatte Filamentgarn durch einen Heizer erwärmt und im erwärmten Zustand dem Drallgeber zugeführt. Der Drallgeber erteilt dem Garn eine Drehung, welche mittels einer nachgeschalteten Kühlung im Garn fixiert wird.[56] Das Kräuseln und Fixieren wird zusammengefasst auch als Texturieren bezeichnet. Das fertige Filamentgarn wird jetzt entweder als Webgarn auf Spulen aufgewickelt oder in Flocken zerrissen und als Spinnfasern in den Spinnprozess weitergegeben.

5.2.3 Polyester-Baumwoll-Mischgarn

Das Polyester-Baumwoll-Mischgarn wird aus Polyesterspinnfasern und Baumwollfasern mittels des Kurzfaserspinnverfahrens hergestellt. Die Herstellung der Polyesterspinnfasern wurde im vorangegangenen Kapitel (5.2.2) bereits erläutert. Der Verarbeitungsprozess von der

---

[52] Vgl. BAUER, R.; KOSLOWSKI, H. J. (1993), S. 154.
[53] „ Filament ist die internationale Bezeichnung für Textilfasern sehr großer, praktisch „endloser“ Länge bei der Chemiefaserherstellung.“ Vgl. BAUER, R.; KOSLOWSKI, H. J. (1993), S. 65.
[54] Vgl. LOY, W. (1997), S. 57.
[55] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 56.
[56] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 59.

Faser zum Garn gliedert sich in mehrere Stufen. Diese lassen sich vereinfacht in die Hauptfunktionen Spinnereivorbereitung und Spinnerei unterteilen.

Nach der Anlieferung der Baumwollfasern in Ballen werden diese geöffnet, gereinigt und in Faserflocken aufgelöst. Die Ballenabarbeitung erfolgt mittels Fräswalzen, welche die Baumwolle in Flocken abtragen. Der Weitertransport geschieht in einem Luftstrom durch Rohrleitungen. Durch diese gelangen die Flocken zur Reinigungsmaschine, in welcher die Fasern unter Ausnutzung der Fliehkräfte von Störpartikeln gereinigt werden. Die Störpartikel haben eine höhere Masse und werden daher nicht, wie die leichten aber mit einem hohen Luftwiderstand versehenen Baumwollfasern, mit dem Luftstrom einer rotierenden Walze mitgetragen.[57] Nach der Reinigung werden die Fasern aus unterschiedlichen Ballen in einem Mehrfachmischer dosiert und durchmischt. Dies garantiert eine gleich bleibende Qualität der Baumwolle. Durch moderne Computersteuerung lassen sich sehr genaue Mischverhältnisse mit Mischungenauigkeiten von unter einem Prozent erreichen.[58] Die gemischten Fasern werden der Kardiermaschine zugeführt. In dieser wird erstmals in der Spinnvorbereitung ein Band gebildet. In der Karde werden die Flocken durch rotierende Walzen, welche mit Sägezähnen besetzt sind, in Einzelfasern aufgelöst und parallel ausgerichtet. Die auf der Walze liegenden Fasern werden vom Abstreifer abgehoben und zu einem Band zusammengefasst. Staubpartikel und Kurzfasern werden dabei ausgeschieden. Das so erzeugte Band wird in einem Kannenstock abgelegt und zwischengelagert. Im nächsten Schritt der Spinnereivorbereitung werden die Faserbänder gestreckt und vergleichmäßigt. Dazu werden mehrere Bänder aus den Kannenvorlagen entnommen und einem Streckwerk zugeführt. Zum Beispiel können vier Bänder aus Baumwollfasern und zwei Bänder Polyesterfasern zur Herstellung eines Mischgarns Baumwolle/Polyester 67/33 vorgelegt und durch Verzug ein Durchmischen erreicht werden.[59] Das Streckwerk besteht aus drei hintereinander angeordneten Walzenpaaren, die in Durchlaufrichtung mit ansteigender Umfangsgeschwindigkeit arbeiten. Aufgrund der Klemmwirkung der Walzenpaare beim Verstrecken wird das Band zugleich vergleichmäßigt und Fehlstellen innerhalb des Bandes herausgedrückt. Das fertige Band kann der Spinnerei zugeführt werden.

Die am häufigsten eingesetzte Spinnmethode ist das Ringspinnverfahren.[60] Es können die drei aufeinander folgenden Prozessstufen Flyern, Ringspinnen und Spulen unterschieden werden. Es gibt jedoch Bestrebungen dieses konventionelle Spinnverfahren durch andere Prozesse zu ersetzen, da es speziell beim Flyern durch Bandabriss zu häufigen Maschinenstillständen kommt.[61] Im Flyer wird das Streckband aus der Spinnvorbereitung erneut verzogen und mit einer leichten Drehung gegen Fehlverzug versehen. Dazu wird das Bändchen vom Streckwerk aus über eine Flügelkrone in den Flügelarm geführt und an dessen unterem Ende durch den Pressfinger auf den Spulenkörper geführt. Der Flügelarm dreht sich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1.500 U/min um die Spule und spult das Bändchen (Flyerlunte) auf diese. Die volle Flyerspule wird aus dem Flyer entnommen und in die Ringspinnmaschine eingesetzt. Hier wird die Flyerlunte wieder von der Spule abgezogen und der

[57] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 78 f.
[58] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 80.
[59] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 84.
[60] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 89.
[61] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 89 f.

Ringspinnmaschine zugeführt. In ihr wird das Bändchen bis zur endgültigen Faserfeinheit verzogen. Das das Streckwerk verlassende Bändchen, erhält durch den Läufer auf dem Ring der Ringbank die erforderliche Drehung und wird auf eine Spule aufgespult.[62] Die Spule mit dem aufgespulten Faden kann aus der Ringspinnmaschine entnommen werden und der Weiterverarbeitung zu einem Flächengebilde zugeführt werden.

5.2.4 Carbonfilamentgarn

Filamente aus Carbon werden in Polyesterstoffe eingewebt, um dort eine statische Aufladung zu verhindern. Carbongarne werden üblicherweise aus Grundfasern, bestehend aus Viskose oder Acryl, hergestellt. Die Umwandlung einer Acrylfaser in ein Carbonfilament erfolgt in einem dreistufigen Heizprozess. Im ersten Schritt wird die Acrylfaser auf eine Temperatur von 200 bis 300 °C erhitzt. Dies erfolgt unter oxidativen Bedingungen. Die zweite Stufe bewirkt eine Carbonisierung des Garnes. Hierbei wird das Garn auf eine Temperatur von etwa 1.000 °C in einer inerten Atmosphäre erwärmt. Als letzter Schritt wird das Garn auf eine Temperatur von 3.000 °C erhitzt. Dies geschieht ebenfalls wieder in einer inaktiven Atmosphäre. Dabei ordnen sich die Carbonatome in einer kristallinen Längsstruktur an. Bezeichnet wird dieser Prozess als Graphitisierung.[63]

5.3 Modul Flächengebildeherstellung

Während der Flächengebildeherstellung wird aus den Garnen bzw. aus den Fasern eine textile Fläche erzeugt. Es werden bei dem textilen Flächen die drei Gruppen Gewebe, Maschenware und Vlies unterschieden.

5.3.1 Gewebeherstellung

In OP-Textilien werden Gewebe aus Baumwoll-Polyester-Mischgarn oder aus Polyesterfilament verwendet. Der Prozessablauf beim Weben ist unabhängig vom eingesetzten Fasermaterial identisch. Die textile Grundbindung ist eine Leinwandbindung, welche die einfachste und zugleich engste Verkreuzung von Kett- und Schussfäden ist.[64] Von einem Mikrofasergewebe wird gesprochen, wenn „mindestens ein Fadensystem (Kette oder Schuß) aus Mikrogarn besteht“[65]. Mikrofasern haben eine Einzeltiter von kleiner 1,0 dtex.[66] Einzeltiter beschreibt die Feinheit der Einzelfasern im Garnverband, angegeben in der Maßeinheit tex nach dem Tex-System.[67] Für die OP-Textilien wird aus Polyester ein Mikrofilamentgewebe gewebt.

Der Prozess der Gewebeherstellung kann in die zwei Prozessschritte, Webereivorbereitung und Webprozess unterteilt werden.[68] In der Webereivorbereitung werden die Fäden geschlichtet. Dazu werden sie in ein Schlichtebad getaucht und anschließend getrocknet. Dadurch erhalten die Fäden eine bessere Verarbeitbarkeit, da ihre Oberfläche geglättet wird und die Elastizität steigt. Die Zusammensetzung des Schlichtebades muss dabei dem Garnmaterial und der Beanspruchung durch den Webautomaten angepasst werden. Es können

---

[62] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 91 ff.
[63] Vgl. CHEN, X.; GONG, R. H. (2000), S. 58 f.
[64] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 131.
[65] LOY, W. (1997), S. 84.
[66] Vgl. LOY, W. (1997), S. 69.
[67] Vgl. BAUER, R.; KOSLOWSKI, H. J. (1993), S. 53.
[68] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 123.

Schlichtefilme auf Basis von teilverseiften Polyvinylalkoholen, Acrylsäure, modifizierter Stärke oder Acrylsäureester-Polymer bzw. einer Mischung daraus verwendet werden.[69] Die geschlichteten Fäden werden auf Spulen aufgespult bzw. auf einen Zettelbaum gewickelt. Von mehreren Zettelbäumen werden die Fäden anschließend auf einen Kettbaum umgespult. Der Kettbaum wird in den Webautomaten eingesetzt und die Fäden des Kettbaumes als Kettfäden eingelegt. Die Spannung der Kettfäden wird durch den Streichbaum konstant gehalten. Mittels der Schäfte werden die Fäden abwechselnd in einen Hoch- oder Tiefgang geführt. Quer zu den Kettfäden wird ein Schiffchen mit dem Schussfaden geschossen. Durch die abwechselnde Bewegung der Kettfäden in die Hoch- und Tieflage und das zwischenzeitliche Hindurchschießen des Schussfadens entsteht das Gewebe.[70] Das Gewebe wird nach dem Webprozess entschlichtet und getrocknet. Die entsprechenden Prozessschritte sind im Kapitel 5.4 „Veredlung der textilen Flächengebilde“ beschrieben.

5.3.2 Vliesstoffe

Vliesstoffe sind „Flächengebilde, die ganz oder zu einem wesentlichen Teil aus Fasern bestehen“[71]. Die Verbindung zwischen den einzelnen Fasern erfolgt formschlüssig oder kraftschlüssig. Gegliedert wird die Herstellung von Vliesstoffen in die Vliesbildung und die Vliesverfestigung.[72]

5.3.2.1 PP-Vlies

Das in OP-Textilien eingesetzte Polypropylenvlies (PP-Vlies) ist ein dreilagiges Vlies in SMS-Struktur. Dies bedeutet, dass zwischen zwei Spinnvliesstoffen (Spunbondeds = S) ein Meltblown-Spinnvliesstoff (= M) eingebracht wird. Die Herstellung dieser Vliesstruktur erfolgt auf einer Composit-Anlage in der die Maschinen zur Spinnvlies- und Meltblown-vliesherstellung direkt hintereinander geschaltet sind. Ein Beispiel dafür ist in Anhang 1 in Abbildung 41 dargestellt. Zur Vliesbildung wird das PP-Granulat in der Schmelzaufbereitung der Spinnmaschinen auf eine Temperatur von 30 bis 60 °C über der Schmelztemperatur erhitzt und anschließend in flüssigem Zustand durch die Spinndüsen gepresst und zu einem Filament geformt.[73] Das austretende Filament wird mittels eines Luftstroms verstreckt und direkt auf ein siebartiges Transportband gegeben, durch welches die begleitende Luft abgesaugt wird. Da die Bandgeschwindigkeit niedriger als die Fadenabzugsgeschwindigkeit ist, werden die Fäden in einer Wirrform abgelegt.[74] Das entstandene Spinnvlies (S) wird direkt mit dem Förderband zur Meltblown-Anlage (M) weitertransportiert. In ihr wird das PP-Granulat ebenfalls aufgeschmolzen und durch Spinndüsen gepresst. Der aus den Spinndüsen austretende schmelzflüssige Filamentfaden wird durch einen gleichzeitig auftretenden Heißluftstrom in feine Einzelfasern zerrissen und kontinuierlich auf dem Spinnvlies abgelegt.[75] Anschließend wird nochmals eine Lage Spinnvlies nach dem beschriebenen Prinzip über die bereits vorhandene SM-Struktur gelegt. Das entstandene SMS-Vlies muss in der Nachbearbeitung verfestigt werden. Bei Polypropylenvliesen erfolgt dies thermisch nach

[69] Vgl. DÜRRBECK, P.; LEITNER, H. (1991), S. 819 f.
[70] Vgl. GOLDACKER, R. (1991), S. 76 ff.
[71] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (Hrsg.) (1992), S. 5.
[72] Vgl. GRÄBER, A. (1998), S. 168.
[73] Vgl. BAUER, R.; KOSLOWSKI, H. J. (1993), S. 126.
[74] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 173 f.
[75] Vgl. LOY, W. (2001), S. 64.

dem Thermobonding-Prinzip. Hierbei wird das Vlies durch die Kontakthitze einer Walze unter Druck punktförmig verschmolzen.[76]

5.3.2.2 PE-Vliestoff

Beim Polyethylen-Vliesstoff (PE-Vlies) handelt es sich ebenfalls um ein Spinnvlies (Spunbonded). Die Vliesbildung erfolgt durch Schmelzspinnen des PE-Granulats und Ablegen des Filaments in Wirrlage auf dem Abzugsband, auf dem sich das Filament durch Abkühlen zu einer textilen Fläche verbindet. Genauer ist das Verfahren schon bei der Herstellung des PP-Vlieses (Kapitel 5.3.2.1) erläutert worden. Die Vliesverfestigung erfolgt beim PE-Vlies durch das Wasserstrahlverfahren (Spunlace-Verfahren). Das Vlies wird mit Hilfe eines Tragsiebes in die Anlage transportiert und dort mit feinen Wasserstrahlen unter hohem Druck und mit geringem Abstand beschossen. Der auftreffende Wasserstrahl verwirbelt beim Durchdringen die Fasern miteinander. Das Prozesswasser wird unterhalb des Transportsiebes durch Vakuumschlitze abgesaugt, aufgefangen, gereinigt und von der Luft getrennt, zurück in den Prozesskreislauf geführt. In einem letzten Schritt wird das verfestigte Vlies getrocknet.[77]

5.3.2.3 Zellstoff-Vliesstoff und PES-Zellstoff-Vliesstoff

Die Vliese aus Zellstoff (Viskose) bzw. Polyester-Zellstoffgemisch werden als Trockenvliesstoffe hergestellt. Die Vliesbildung erfolgt hierbei auf mechanischem Weg. Auf einer Walzenkrempelmaschine wird aus den Spinnfasern ein Flor gebildet. Dazu müssen die Fasern in einem Mehrfachmischer gemischt werden. Anschließend werden die Spinnfasern auf eine mit Zacken besetzte Walze gegeben, der so genannten Tambour. Auf der Tambour werden die Fasern weitertransportiert und durch Arbeiter- und Wenderwalzen aufgelöst. Gegenläufige Wirrwalzen bewirken eine Verflechtung der Fasern. Die entstandene Fasermatte, das Flor, wird in einem zweiten Schritt zum Vlies weiterverarbeitet. Dazu werden die Flore doubliert, d.h. übereinander gelegt. Eingesetzt wird dafür ein Vertikalquerverleger oder ein Horizontalkreuzverleger, welche die Flore in Kreuzlage übereinander legen.[78] Das entstandene Vlies wird in der Nachverarbeitung durch das Wasserstrahlverfahren verfestigt. Der Ablauf entspricht der Prozessbeschreibung bei der Verfestigung von PE-Vliesstoffen (Kapitel 5.3.2.2).

5.3.3 Maschenware

In OP-Textilien werden Maschenwaren aus Polyester eingesetzt. Die Herstellung erfolgt durch Wirkprozesse. Diese sehr feinen textilen Gewirke können mittels Kettfaden-Wirkmaschinen hergestellt werden. Hierzu wird das Polyesterfilament, das eine Schlichtevorbehandlung erfahren hat, auf einen Kettbaum aufgewickelt. Von dort wird der Faden durch den Fadenführer hindurch zur Nadel geführt. Der Fadenführer ist auf der Legeschiene angebracht, durch deren Bewegung der Faden in die Nadel eingehakt wird. Die Nadel zieht dann den Faden ab und bildet eine neue Masche. Um eine zu große Abzugskraft auf den Faden und dadurch ein Reißen zu verhindern, wird der Kettbaum elektronisch

---

[76] Vgl. LOY, W. (2001), S. 66.
[77] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 177.
[78] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 169 ff.

gesteuert und führt den Faden entsprechend der Abzugsgeschwindigkeit nach.[79] Die entstandene Maschenware wird gewaschen, um sie von den Schlichtemitteln zu befreien.

5.3.4 PTFE-Membran

Die PTFE-Membran ist unter dem Handelsnamen GoreTex-Membran bekannt geworden, welche durch mechanisches Expandieren einer PTFE-Folie hergestellt wird. PTFE ist die Kurzbezeichnung für Polytetrafluorethylen, auch bekannt aus dem Haushaltswarenbereich unter der Verkaufsbezeichnung Teflon der Firma DuPont.[80] Durch das Verstrecken entsteht eine mikroporöse Folie, die semipermeabel wirkt. PTFE-Folien werden mittels dem Spalt-Schälverfahren oder der Pastenextrusion hergestellt.[81] Beim Spalt-Schälverfahren wird mittels eines Schälmessers eine dünne Folie von einem PTFE-Block abgehoben und unter Zufuhr von Wärme verstreckt. Ausgangsstoff für die Pastenextrusion ist ein PTFE-Pulver, das mit einem Gleitmittel vermischt wird. Das Pulvergemisch wird vorgepresst und anschließend mit einer Strangpresse bei konstantem Druck und konstanter Geschwindigkeit durch die Extruderdüse gepresst. Der gewonnene Rohling wird zu einem Band ausgewalzt, wobei der Anteil an Gleitmittel durch Verdunstung in dem Stoff sinkt. Um die Reste an Gleitmittel aus dem Band zu entfernen, wird es getrocknet und anschließend unter hoher Temperatur gereckt. Die entstandene Folie wird in einem Sinterofen bei einer Temperatur über dem Schmelzpunkt des PTFE gesintert.[82] Die nach dem Pastenextrusionsverfahren erzeugte Folie muss noch einmal verstreckt werden, um daraus eine PTFE-Membran zu erzeugen.

5.3.5 PE- und PP-Folie

Kunststofffolien können durch thermoplastische Verarbeitung oder nach dem Gießverfahren hergestellt werden. Für die Erzeugung von PE- und PP-Folien hat die thermoplastische Verarbeitung und hier insbesondere das Blasfolienverfahren die größte Bedeutung.[83] Bei der thermoplastischen Verarbeitung werden die Kunststoffe über ihre zähflüssige Schmelze zu Folien verarbeitet. Es werden im Gegensatz zum Gießverfahren keine Lösungsmittel benötigt. Die Verarbeitung ähnelt dabei stark der Herstellung von Kunststofffasern. Das Polymergranulat wird im Extruder aufgeschmolzen und über ein Sieb, welches als Filter wirkt, zum Formwerkzeug gefördert. Im Formwerkzeug wird ein Schlauch durch Ringdüsen gebildet und in dessen Inneres Luft geblasen, welche den Schlauch aufweitet. Der Folienschlauch wird mit einer größeren Geschwindigkeit abgezogen, als die Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze. Er passiert die Flachlegung, in der der Schlauch durch zwei Rollen geführt wird, um der eingeblasenen Luft einen Widerstand entgegenzusetzen. Der flachgelegte Schlauch wird aufgeschnitten und die beiden Folienbahnen zu Folienrollen aufgewickelt.[84]

5.4 Modul Veredlung der textilen Flächengebilde

Durch die Veredlung erhalten die textilen Rohwaren ihre technischen Trage- und Pflegeeigenschaften, ihren Griff und ihr Aussehen. Welche Veredlungsprozesse am jeweiligen

[79] Vgl. WEBER, K. P.; Weber, M. (2004), S. 148 ff.
[80] Vgl. LOY, W. (2001), S. 60.
[81] Vgl. KOCH, U. (2001), S. 63.
[82] Vgl. STRATHMANN, H. (1990), S. 4 ff.
[83] Vgl. NENTWIG, J. (2000), S. 99.
[84] Vgl. NENTWIG, J. (2000), S. 53.

Flächengebilde angewandt werden müssen, hängt vom eingesetzten Garnrohstoff, vom Herstellungsverfahren und vom Flächengebildetyp ab.

5.4.1 Vorbehandlung

Für eine wirksame und effektive Veredlung ist die Vorbehandlung der Textilien von entscheidender Bedeutung. In der Vorbehandlung werden natürliche Faserbegleitstoffe sowie in den vorgelagerten Prozessstufen aufgebrachte Textilhilfsstoffe aus den Fasern entfernt. Zum Einsatz kommen abhängig vom Gewebematerial verschiedene mechanische, thermische oder wässrige Vorbehandlungsverfahren. Für Baumwollprodukte werden in folgender Reihenfolge die Verfahren Sengen, Entschlichten, alkalisches Abkochen (= Beuchen), Bleichen und Mercerisieren angewendet. Bei synthetischen Fasern genügen das Waschen, Thermofixieren und Bleichen als Vorbehandlungsschritte.[85] Durch die wässrigen Vorbehandlungsverfahren entstehen Abwässer, die biologisch schwer abbaubare Substanzen und gefährliche Inhaltsstoffe wie Biozide enthalten. Beim Thermofixieren werden Emissionen in die Abluft eingebracht.[86] Nachfolgend sollen die wichtigsten Vorbehandlungsverfahren beschrieben werden. Dabei ist es zum Teil möglich, bestimmte Verfahren in einem Arbeitsgang durchzuführen. Zum Beispiel kann das Entschlichten, Abkochen und Bleichen bei Baumwollartikeln in einer Anlage durchgeführt werden.

5.4.1.1 Entschlichten

Entschlichten ist ein typischer Prozess für die Behandlung von Baumwolle und Baumwollmischgeweben. Es werden Schlichtemittel, die zur Verbesserung der Webbarkeit aufgebracht werden, vom Textil entfernt. Das Entschlichten erfolgt mittels Hydrolysieren (bei wasserlöslichen, synthetischen Schlichten), Oxidieren (meist mit Persulat, für alle Schlichtetypen) oder durch Enzymeinsatz (bei Stärkeschlichten). Allen Verfahren gemein ist, dass die Rohware in ein Flottbad getaucht wird, welches den Stoff umspült und so das Schlichtemittel herauslöst. Am Ende des Flottbades befindet sich ein Quetschwerk, dessen Aufgabe es ist, die überschüssige Flotte aus der Ware zu entfernen.[87]

Für das Entschlichten werden sehr große Mengen an Wasser benötigt, die nach dem Prozess einen durch das Schlichtemittel hervorgerufenen hohen CSB-Wert (Chemischer Sauerstoffbedarf) aufweisen. Daher wird das Abwasser nach dem Schlichten mittels Ultrafiltration gereinigt und die Schlichte zurückgewonnen. Die Rückgewinnungsquote liegt abhängig von der mittleren Partielänge und dem Restschlichtegehalt des Gewebes bei 75 bis 85 Prozent. Das gewonnene Schlichtemittel wird in einem Kreislauf zur Webvorbereitung zurückgeführt.[88]

5.4.1.2 Alkalische Reinigung (Beuchen)

Schwer in Wasser lösliche Verunreinigungen, wie Fette, Wachse und Schalenreste, werden durch das Abkochen in alkalischen Lösungen aus den Fasern entfernt. Der Vorgang ist nur bei cellulosischen Fasern nötig, bei Chemiefasern erfolgt dies bereits in der Herstellung. Zum Abkochen werden Natronlauge, Natriumcarbonat, Waschmittel, Fettlöser, Dispergier- und

---

[85] Vgl. SCHÖNBERGER, H.; SCHÄFER, T. (2003), S. 45.
[86] Vgl. SCHÖNBERGER, H. (2003), S. ii.
[87] Vgl. ELSASSER, N. (1998), S. 217 f.
[88] Vgl. TRAUTER, J.; SCHOLZE, U. (1996), S. 58.

Netzmittel eingesetzt. Die Ware wird mehrmals nacheinander in die Abkochlösung getaucht und anschließend abgequetscht. Dabei beträgt die Einwirkzeit bei hoher Temperatur 60 bis 120 Sekunden. Mit steigender Behandlungsdauer nimmt die Flottenkonzentration und die Flottentemperatur ab. Auch bei diesem Verfahren entstehen Abwässer, die aufwendig gereinigt werden müssen.[89]

5.4.1.3 Mercerisieren

Der Glanz, das Anfärbeverhalten und die Reißfestigkeit von Baumwollfasern werden durch das Mercerisieren erhöht. Zusätzlich erhalten die Gewebe einen weicheren, voluminöseren Griff und eine höhere Dimensionsstabilität. Erreicht wird dies durch die Behandlung des Materials mit konzentrierter Natronlauge unter Zugspannung. Die Lauge bewirkt eine Längsschrumpfung der Faser, bei der sich der Hohlraum im Faserkern schließt. Nach der Behandlung muss die Lauge mit heißem Wasser aus dem Gewebe herausgewaschen werden.[90]

5.4.1.4 Bleichen

Natürliche Faserverfärbungen und Verfärbungen durch Verschmutzungen werden durch das Bleichen des Gewebes entfernt. Es wird dazu das oxidative Bleichen unter Abspaltung von Sauerstoff angewendet. Bleichmittel ist hierbei Wasserstoffperoxid (H_2O_2), Natriumhypochlorit (NaClO) und Natriumchlorit (NaCl O_2). Zum Bleichen wird die Ware in eine Flotte getränkt, in der sich die hochreaktiven, bleichenden Ionen in einer chemischen Reaktion mit den färbenden oder verschmutzenden Substanzen im Textil verbinden. Die Intensität der Bleiche hängt von der Flottenkonzentration, der Prozesstemperatur und der Verweildauer ab. Nach dem eigentlichen Bleichvorgang wird die Ware gewaschen, um die Flotte mit den Verunreinigungen zu entfernen. Damit eine Schädigung der Fasern verhindert wird, ist eine strikte Einhaltung der Prozessparameter notwendig.[91]

5.4.1.5 Thermofixierung

Die Fixierung wird hauptsächlich bei synthetischen Fasern wie Polyester angewendet. Sie dient der Beseitigung von inneren Spannungen, welche durch den Flächenbildungsprozess hervorgerufen worden sind. Mit Hilfe von Hitzeeinwirkung und anschließendem Abkühlen werden die Textilien in die vorher bestimmten Abmessungen und Formen gebracht.[92]

5.4.2 Farbgebung

Durch das Färben wird den textilen Fasern der gewünschte Farbton gegeben. Dazu wird das Textil mit wässrigen Farbstofflösungen und mit einer Vielzahl von Chemikalien (Salze, Säuren etc.) und Färbereihilfsstoffen (Netzmittel, Dispergatoren, Egalisiermittel etc.) in Kontakt gebracht. Art und Menge der eingesetzten Farbstoffe, Chemikalien und Hilfsstoffe hängen sehr stark vom Produkt und der gewünschten Farbqualität sowie vom eingesetzten Färbereiprozess ab.[93] Der Färbereiprozess an sich kann an verschiedenen Stufen der textilen Fertigungskette erfolgen. Die Faserstoffe können als Flocke, Garn, Zwirn oder textile Fläche

[89] Vgl. ELSASSER, N. (1998), S. 221 f.
[90] Vgl. ELSASSER, N. (1998), S. 222.
[91] Vgl. ELSASSER, N. (1998), S. 218 ff.
[92] Vgl. ELSASSER, N. (1998), S. 218.
[93] Vgl. SCHÖNBERGER, H.; SCHÄFER, T. (2003), S. 50.

vorliegen.[94] Diese werden mittels Ausziehverfahren oder Auftragsverfahren gefärbt. Das Ausziehverfahren ist ein diskontinuierlicher Prozess, bei dem das Fasermaterial in ein Farbflott mit in Wasser gelösten Farbstoffen und Textilhilfsstoffen getaucht wird. Die Farbe absorbiert auf der Faser und verleiht ihr dadurch das Aussehen. Nach dem Färben wird das Färbeflott abgelassen und die Fasern werden in speziellen Spül- und Seifenbädern nachbehandelt.

Ein kontinuierliches Färben erfolgt beim Auftragsverfahren. Hier wird eine stark konzentrierte Flotte auf das Textil aufgebracht und der Farbstoff mittels Chemikalien, Hitze und Dampf fixiert. Die Spülschritte erfolgen ebenfalls in einem kontinuierlichen Prozess. Die Abwasserbelastung beim Färben entsteht durch nicht fixierte Farbstoffe, sowie Hilfsstoffe in den Färb- und Spülbädern.[95]

Im Anschluss an das Färben können die Textilien noch bedruckt werden. Das Drucken wird in der Regel dazu verwendet, ein bestimmtes Muster, Dekor oder Motiv auf die Oberfläche aufzubringen.[96] Da OP-Textilien gewöhnlich keine Muster aufweisen, wird der Druckprozess im Folgenden durch den Autor nicht weiter betrachtet.

5.4.3 Appretur

Zur Appretur gehören alle Veredlungsschritte, die dem Textil einen bestimmten Charakter, wie etwa Griff und Warenbild verleihen. Diese werden vorwiegend als Schlussarbeit am textilen Gut und meistens an Stückware durchgeführt. Es werden mechanische, thermische und chemische Appreturverfahren unterschieden. Abbildung 9 zeigt eine Auswahl von Appreturen, die bei OP-Textilien verwendet werden können.

Mechanische Appretur	Thermische Appretur	Chemische Appretur
Scheren	Brennen	Füllen
Kalandern	Karbonisieren	Hydrophobieren
Prägen	Dämpfen	Wasserdichtausrüstung
Bürsten	Trocknen	Oleophobieren
Walken	Thermofixieren	Antistatisch
Monieren		Knitterfreiausrüstung

Abb. 9: Übersicht über Appreturverfahren

(in Anlehnung an: ELSASSER, N. (1998), S. 234.)

Für OP-Textilien haben insbesondere die Wasserdichtausrüstung und die Hydrophobierung eine hohe Bedeutung. Hydrophobierung ist die Beschichtung eines Stoffes, so dass er wasserabstoßend wirkt, jedoch Luft und Dampf durchlässt. Bei einer Wasserdichtausrüstung werden die Poren im Gewebe mit einem Produkt verschlossen, welches wasser- und luftundurchlässig wirkt. Um eine gleichmäßige Verteilung der chemischen Ausrüstung auf dem Textil zu erreichen, werden die Stoffe zuvor kalandert. Hierbei werden besonders glatte und dichte Warenoberflächen durch das Pressen der Ware zwischen beheizten Zylindern bei sehr hohem Druck erzielt. Für den Beschichtungsvorgang steht eine Vielzahl von

[94] Vgl. ELSASSER, N. (1998), S. 228.
[95] Vgl. SCHÖNBERGER, H.; SCHÄFER, T. (2003), S. 51.
[96] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 231.

Prozessvarianten zur Verfügung. Das Beschichtungsmaterial kann mittels Rotationsfilmdruck-, Spritz-, Walzenschmelz- oder Transferverfahren aufgebracht werden. Allen Verfahren gemein ist, dass der aufzubringende Kunststoff (natürliche oder synthetische Polymere) in flüssiger, zähviskoser, geschmolzener oder pulverförmiger Masse auf das Trägermaterial aufgebracht wird und anschließend durch Verfestigung mit dem Träger einen dauerhaften Verbund bildet.[97] Es entstehen dabei insbesondere Ammoniak- und Formaldehydemissionen in die Luft, welche aus den eingesetzten Beschichtungsmitteln und deren Neben-, Reaktions- und Crackprodukten stammen.[98]

Eine weitere Möglichkeit der Wasserdichtausrüstung ist das Fixieren verschiedener Flächengebilde miteinander. Hierbei werden mehrere Lagen mit Hilfe von thermoplastischen Klebern und gleichzeitiger Einwirkung von Temperatur und Druck flächig miteinander verbunden. Bei OP-Textilien werden zum Beispiel PE-Folien mit Vliesstoffen verklebt.[99] Die zum Fixieren eingesetzten Kleber basieren auf Polyvinylchlorid oder Polyamid.[100]

5.5 Modul Konfektionierung

Konfektionierung ist die industrielle Herstellung der Bekleidung bzw. der Abdecktücher. Die Fertigung kann in die drei Stufen: Teilen (Zuschnitt), Fügen (Nähen oder Schweißen) und Formen eingeteilt werden.

5.5.1 Teilen

Aufgabe des Teilens ist die Herstellung kontinuierlicher Einzelteile. Dazu ist der erste Schritt im Arbeitsablauf die Erstellung des Schnittbildes, welches die zu schneidenden Konturen der benötigten Einzelteile vorgibt. Ziel dabei ist es die Materialverluste zu reduzieren. Stand der Technik ist die Schnittbilderstellung mittels CAD-Technik, durch welche sich Stoffausnutzungsgrade von über 90 Prozent erreichen lassen.[101] Das erstellte Schnittbild wird auf die einzeln oder in mehreren Lagen übereinander liegenden Stoffbahnen übertragen. Zerteilt wird der Lagenstapel mittels Stanzen (Scherschneiden) oder durch das Keilschneiden. Das Scherschneiden zeichnet sich durch eine hohe Maßhaltigkeit und eine günstige Automatisierbarkeit aus. Im Gegensatz dazu erfordert das Keilschneiden einen höheren manuellen Aufwand. Im ersten Schritt wird der Lagenstapel mittels Stoßmessermaschinen grob geschnitten, um anschließend an Bandmessermaschinen einen Feinschnitt zu erhalten.[102]

5.5.2 Fügen

Das Fügen erfolgt bei den meisten OP-Textilien durch Nähen. Dabei werden die Einzelteile aus dem Zuschnitt mittels eines Nähfadens auf einer Nähmaschine miteinander verbunden. Eine typische Stichart ist der Doppelkettenstich, unter Verwendung eines Polyesterfadens.[103] Im Anschluss an das Nähen erfolgt in der Regel eine extra Versiegelung der Naht. Eine weitere Variante des Fügens ist das Schweißen. Das Schweißen ist das Verbinden von gleichen oder verschiedenen Materialien unter Anwendung von Wärme. Hierzu werden die

---

[97] Vgl. SCHINDLER, W. D.; HAUSER, P. J. (2004), S. 13 ff.
[98] Vgl. SCHÖNBERGER, H.; SCHÄFER, T. (2003), S. 147 ff.
[99] Vgl. Abb. 5 und 6: Übersicht von OP-Textilien.
[100] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 256.
[101] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 246.
[102] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 246 f.
[103] Vgl. GEBHARDT, A. (2004), S. 20.

Fügeteile in der Fügezone durch Zufuhr von Energie in den schmelzflüssigen Zustand überführt und zusammengepresst. Die Fließbewegung im Nahtbereich bewirkt eine Verknäuelung der Moleküle. Zum Einsatz können das Hochfrequenz- und das Ultraschallschweißen kommen, wobei der wesentliche Vorteil des Ultraschall-Verbundschweißen darin liegt, dass sich auch Kunststofffasermischungen mit Naturfasern verschweißen lassen.[104]

5.5.3 Formen

Die letzte Fertigungsstufe innerhalb der Konfektionierung ist das Formen der textilen Flächen unter Einwirkung von Temperatur, Druck, Zug und Feuchtigkeit. Das bekannteste Formgebungsverfahren ist das Bügeln. Mittels Glätten und Dämpfen wird das endgültige Aussehen der Oberfläche des Textils bestimmt.[105] Anschließend wird es für den Transport und die Lagerung zusammengelegt.

5.6 Modul Verpackung und Verpackungskette

Die Verpackung hat bei den OP-Textilien eine große Bedeutung. Sie hat neben den klassischen Aufgaben des Schutzes vor Mengenverlusten und Beschädigungen, der Ermöglichung einer rationellen Handhabung und Manipulation, sowie einer Kommunikationsfunktion,[106] die wichtige Aufgabe eine Sterilisation des Packgutes zu ermöglichen und dieses anschließend über einen längeren Zeitraum zuverlässig steril zu halten. Daher müssen die Verpackungssysteme die DIN EN 868[107] erfüllen. Die Verpackung von Mehrweg- und Einwegtextilien kann sich unterscheiden. Für die Mehrwegprodukte ist eine Verpackung in wiederverwendbaren Boxen oder in einer Einmalverpackung aus Sterilisationspapier und Polyethylenbeutel möglich. Bei Einwegtextilien werden nur Einwegverpackungen verwendet. Die Art der Sterilgutverpackung kann zusätzlich zwischen der Sterilguteinfachverpackung, geeignet für Produkte mit einem schnellen Umlauf und kurzen Lagerzeiten, und Sterilgutzweifachverpackungen unterschieden werden. Bei Zweifachverpackungen befindet sich eine Sterilguteinfachverpackung in einer zweiten Sterilgutverpackung. Dadurch lassen sich längere Lagerzeiten und eine kontaminationsfreie Entnahme der Textilien erreichen.[108] Zusätzlich gilt es zu beachten, dass ein Beutel maximal bis zu dreiviertel seines Volumens gefüllt werden darf. Nur dadurch ist eine sichere Sterilisation möglich.

In der Verpackungskette, die parallel zur Textilfertigung verläuft, werden die verschiedenen Verpackungsmittel hergestellt. Als Mehrwegverpackungen werden hauptsächlich Sterilisationscontainer aus Metall oder dem Kunststoff Polyphenylsulfon (PPSU) verwendet. Speziell PPSU bietet eine sehr hohe Beständigkeit gegen mechanischen Abrieb, Chemikalien und Wärme. Sterilisationscontainer aus diesem Material lassen sich bis zu 2.000mal in der Dampfsterilisation wiederverwenden.[109] Abbildung 42 in Anhang 1 zeigt einen Materialvergleich verschiedener Kunststoffe in Abhängigkeit von den Sterilisationszyklen.

---

[104] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 256 f.
[105] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 258.
[106] Vgl. TENZER, H.-J. (1986), S. 23 ff.
[107] Vgl. DIN EN 868: Verpackungsmaterialien und –systeme für zu sterilisierende Medizinprodukte.
[108] Vgl. HOLZER, H. (2001), S. 26 f.
[109] Vgl. DEGUSSA (Hrsg.) (2006a), o. S.; SOLVAY ADVANCED POLYMERS (Hrsg.) (2003), S. 9.

Hergestellt werden PPSU-Container auf Thermoformmaschinen, indem die vorgefertigten Polyphenylsulfonplatten auf 275 °C erwärmt und anschließend in Form gepresst werden.[110] Die Metallcontainer bestehen in der Regel aus Aluminium oder Chrom-Nickel-Stahl, die im Tiefziehverfahren hergestellt werden.[111]

Bei den Einwegverpackungen können die Sterilgutverpackungen aus Kraftpapier oder aus einer Kombination von Papier und Kunststoff eingesetzt werden. Die Anwendung der Einwegverpackungen ist in der Norm DIN 58953-7:2003-10[112] festgeschrieben.

5.7 Modul Sterilisation

Sterilisation bedeutet die Abtötung aller Mikroorganismen auf einem Objekt, wobei die getöteten Mikroorganismen noch auf dem Objekt verbleiben. Laut Deutschem Arzneibuch ist Sterilisieren als „das Freimachen eines Gegenstandes von vermehrungsfähigen Organismen“[113] definiert.

Für die Sterilisation der OP-Textilien kann Dampf, Gas oder Strahlung eingesetzt werden. Sie erfolgt in einer steril haltenden Verpackung. Die genauen Betriebsanforderungen und die Validierung der einzelnen Verfahren sind in einer Reihe von DIN-Normen festgelegt.[114] Die Sterilisation mit Dampf, die hauptsächlich bei Mehrwegtextilien eingesetzt wird, erfolgt in einem Autoklaven mit gesättigtem und gespanntem Dampf. Aus der Sterilisationskammer wird die Luft mittels von oben eingeblasenem 100 °C warmem Dampf verdrängt. Das Abströmventil kann geschlossen werden, wenn alle Luftinseln aus dem Sterilgut entfernt sind. Durch weiteres Einblasen von Dampf steigen Temperatur und Druck in der Sterilisationskammer. Die Höhe des Druckes und der Temperatur bestimmen die Einwirkzeit. Bei 120 °C muss sie mindestens 20 Minuten und bei 134 °C mindestens 5 Minuten betragen.[115] Die Verpackung der OP-Textilien für die Dampfsterilisation erfolgt in Sterilisationscontainern oder Sterilisationspapier, die ein vollständiges Eindringen des Dampfes in das Sterilgut ermöglichen. Eine andere Methode zur Sterilisation, insbesondere von Einwegprodukten, ist die Verwendung von ionisierenden Strahlen, speziell Gammastrahlen.[116] Ob bei Mehrwegprodukten Bestrahlung eingesetzt werden kann, hängt stark von der Strahlungsbelastbarkeit des Gewebestoffes ab. Polyester zeigt zum Beispiel keine Veränderung seiner Eigenschaften bei Bestrahlung, während Polypropylen nur eine bedingt gute Strahlungsbelastbarkeit aufweist.[117] Das Sterilisationsgut wird dabei, in einer bakteriendichten Folie verpackt, auf einem Fließband an der Strahlungsquelle vorbeigeführt. Als Strahlungsquelle dient meist Cobalt 60.[118] Die dritte Variante der Sterilisation von Medizinprodukten ist das Begasen mit Ethylenoxid oder Formaldehyd. Die TRGS (Technischen Regeln für Gefahrstoffe) 513 besagt, dass nur Materialien mit Ethylenoxid oder

[110] Vgl. DEGUSSA (Hrsg.) (2006b), o. S.
[111] Vgl. HOLZER, H. (2001), S. 34.
[112] Vgl. DIN 58953-7:2003-10: Sterilisation - Sterilgutversorgung - Teil 7: Anwendungstechnik von Sterilisationspapier, Vliesstoffen, Papierbeuteln und heiß- und selbstsiegelfähigen Klarsichtbeuteln und -schläuchen.
[113] Vgl. FU BERLIN (Hrsg.) (o. J.), S. 3.
[114] Vgl. NAMED IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005), S. 1 ff.
[115] Vgl. STEUER, W.; LUTZ-DETTINGER, U.; SCHUBERT, F. (1998), S. 56.
[116] Vgl. SCHMIDT, J.; NAUMANN, G.; HORSCH, W. (1990), S. 60.
[117] Vgl. WALLHÄUßER, K. H. (1988), S. 292 f.
[118] Vgl. STEUER, W.; LUTZ-DETTINGER, U.; SCHUBERT, F. (1998), S. 65 f.

Formaldehyd sterilisiert werden dürfen, die nicht thermisch sterilisierbar sind.[119] Die Gassterilisation ist erlaubnispflichtig und bedarf der Durchführung durch sachkundiges Personal.[120] Nach dem Begasen ist für eine ausreichende Ausgasungszeit zu sorgen. Dies ist besonders wichtig, da die Gase krebserregend sind und bei entsprechenden Konzentrationen in der Atemluft tödlich wirken. Die Gassterilisation hat daher nur eine untergeordnete Bedeutung für die Entkeimung von OP-Textilien.[121]

5.8 Modul Nutzung im Operationssaal

Während einer Operation werden die OP-Textilien genutzt. Zum einen als OP-Mantel und zum anderen als OP-Abdecksystem. In Abhängigkeit von der Operation werden die Textilien unterschiedlich stark verschmutzt. Dabei nimmt das Textil auf der einen Seite der Sperrschicht operationsbedingte Flüssigkeiten, wie Blut, Eiter und andere Flüssigkeiten auf und auf der anderen Seite Schweiß vom Träger der Textilien. Außerdem wird das Textil vor der Nutzung von der Verpackung getrennt und die Verpackung einer getrennten Entsorgung oder Aufbereitung zugeführt. Das genutzte OP-Textil wird nach dem Tragen in einen speziellen Entsorgungsweg gegeben. Dieser unterscheidet sich zwischen Einweg- und Mehrwegtextil erheblich. Das Einwegtextil wird direkt entsorgt, während das Mehrwegtextil, dem Nutzungskreislauf entsprechend, zur Wäscherei weitergeleitet wird.

5.9 Modul Waschen und Waschmittelkette

Der Wäsche werden alle Mehrwegartikel zugeführt. Dazu zählen zum einen die Mehrweg-OP-Textilien und zum anderen die Sterilisationscontainer. Die Sterilisationscontainer werden von den Textilien getrennt und in maschinellen Reinigungs- und Desinfektionsanlagen gesäubert. Ausnahme bilden Container aus Aluminium, welche per Hand und mit einen ph-neutralen Reinigungsmittel aufbereitet werden müssen.[122] Andernfalls besteht die Gefahr des Zerkratzens der Oberflächen, welches die Anhaftung von Keimen negativ beeinflusst.

Nachfolgend sollen der Ablauf der Wäscherei und die Waschmittelherstellung beschrieben werden.

5.9.1 Gewerbliche Wäscherei

Die Mehrweg-OP-Textilien werden einer industriellen Großwäscherei übergeben, welche die Reinigung durchführt. Die Wäscherei kann intern im Krankenhaus angesiedelt sein oder extern durch einen Dienstleister erfolgen. Der Aufbereiter muss die Textilien nach einem akkreditierten Desinfektionswaschverfahren gemäß RAL-GZ 992/2 reinigen. Eine einfache Haushaltswaschmaschine ist laut EN 13795-1 nicht geeignet.[123] Abbildung 10 zeigt beispielhaft den Prozessablauf in einer Wäscherei.

---

[119] Vgl. TRGS 513/3(3).
[120] Vgl. TRGS 513/4.
[121] Vgl. STEUER, W.; LUTZ-DETTINGER, U.; SCHUBERT, F. (1998), S. 98 ff.
[122] Vgl. AS MEDIZINTECHNIK (Hrsg.) (2004), S. 3.
[123] Vgl. NAMED IM DIN E.V. (Hrsg.) (2003), S. 9.

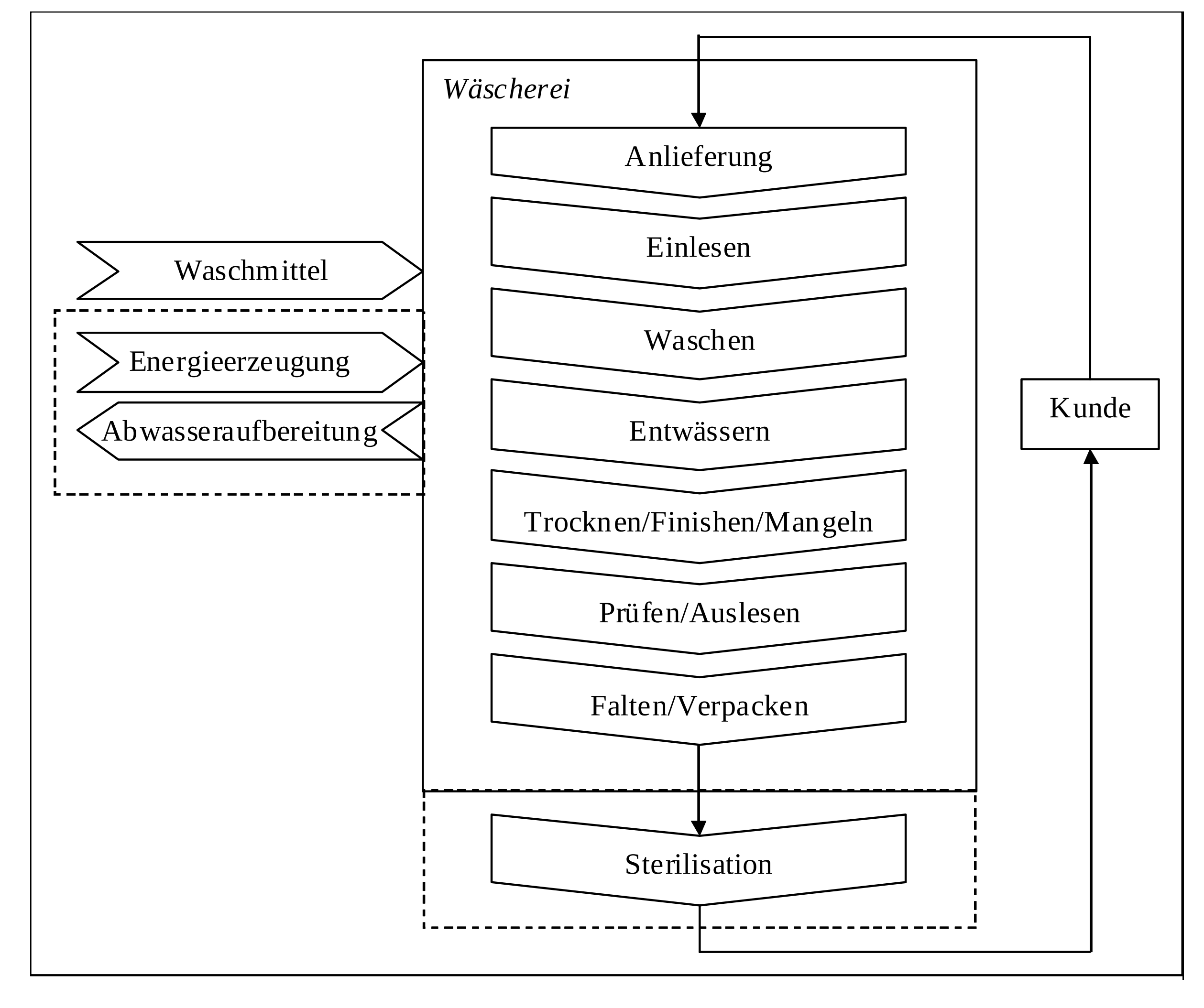


Abb. 10: Prozessablauf einer Großwäscherei

(In Anlehnung an: BUSCH TEXTILSERVICE (Hrsg.) (2001), o. S.; BEEH, M. u. a. (2003), S. 17.)

Die vom Krankenhaus angelieferte Wäsche wird in der Wäscherei mittels Barcode in die Wäschereisteuerung eingelesen, sortiert und anschließend, getrennt nach den einzelnen Wäschearten und dem Verschmutzungsgrad, dem Waschvorgang zugeführt. Getrennt wird hierbei beispielsweise zwischen OP-Wäsche, Bettwäsche und Bereichswäsche. Das Waschen erfolgt in gewerblichen Wäschereien in Kontinue-Waschanlagen oder Waschschleudermaschinen. Waschschleudermaschinen sind vom Arbeitsprinzip mit haushaltsüblichen Frontladerwaschmaschinen identisch, ermöglichen jedoch eine höhere Wäschekapazität. Im Gegensatz dazu gewährleisten Kontinue-Waschanlagen eine fortlaufende Wäsche der Kleidungstücke. Bei diesen Anlagen werden die Wäschestücke in verschiedenen Kammern nacheinander gewaschen. Das dabei eingesetzte Wasser wird in der Großwäscherei enthärtet und zum Durchspülen der Wäsche von der sauberen zur schmutzigen Waschkammer immer weiterverwendet. Pro Waschkammer sind Beladungen bei Kontinue-Waschanlagen bis 100 kg Wäsche möglich.[124] Als Waschmittel kommen in der gewerblichen Wäscherei keine Vollwaschmittel, wie aus dem Haushaltsbereich bekannt, zum Einsatz, sondern speziell auf das zu waschende Gut abgestimmte Baukastenwaschmittel. Bei Baukastenwaschmitteln werden die einzelnen Waschmittelinhaltsstoffe, wie Tenside,

[124] Vgl. KANNEGIESSER (Hrsg.) (2006), o. S.

Bleichmittel, Bleichaktivatoren, Geruchsstoffe, Alkaliträger und Vergrauungsinhibitoren entsprechend des Verschmutzungsgrades und des Waschgutes zusammengestellt.[125] Die gewaschenen Textilien werden anschließend maschinell entwässert und getrocknet. Hierfür werden Entwässerungspressen sowie Wäschetrockner oder Gebläse eingesetzt.[126] Im Anschluss daran gelangt die Wäsche in den Finishing-Bereich, in welchem die Wäsche gebügelt, gemangelt und geformt wird. Bei OP-Textilien schließt sich daran eine Sichtkontrolle der Wäschestücke auf Beschädigungen an. Die Kontrolle ist notwendig, um sicherzustellen, dass nur unbeschädigte Kleidungsstücke zurück in den Wäschekreislauf gelangen. Haben die OP-Textilien diesen Test bestanden, werden sie gefaltet und an die Sterilisation weitergereicht. Die Sterilisation kann direkt an die Wäscherei angeschlossen sein oder getrennt von ihr erfolgen. Ebenso ist die Energieerzeugung und die Abwasseraufbereitung in der Wäscherei oder bei einem externen Dienstleister möglich. An Energie benötigt eine Wäscherei insbesondere Dampf und Heißwasser. Die Abwasseraufbereitung ist notwendig, da die Abwässer einer Wäscherei mit Phosphaten und Tensiden belastet sind und dadurch einen sehr hohen CSB-Wert aufweisen.[127] Mittels Bioreaktoren und Ultrafiltration wird das Abwasser gereinigt und kann anschließend in den öffentlichen Kanal abgeleitet oder nach weiteren Reinigungsstufen als Recyclingwasser in der Wäscherei wiederverwendet werden.[128]

5.9.2 Waschmittelherstellung

In der gewerblichen Wäscherei werden hauptsächlich flüssige Waschmittelkonzentrate nach dem Baukastenprinzip angewendet. Dabei werden zum Beispiel ein Waschmittelkonzentrat, welches durch sein Tensidsystem fett- und schmutzlösend wirkt, ein Alkalikonzentrat und ein Desinfektions- und Bleichmittel entsprechend der Anforderungen miteinander kombiniert.[129] Zentrale Bestandteile des Waschmittelkonzentrates sind die Tenside. Zu ihren Aufgaben gehören das Schmutzablösen und das Verhindern der Wiederanlagerung des Schmutzes. Diese Funktionen werden durch verschiedene Tensidguppen erfüllt. Es werden Aniontenside und nichtionische Tenside unterschieden. Basistenside eines Waschmittels sind lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS) als Aniontenside, sowie Fettalkoholethoxylate (FAEO) als nichtionische Tenside. Das genaue Mischungsverhältnis wird regelmäßig optimiert und den sich ständig verändernden Waschgewohnheiten angepasst.[130]

Die Rohstoffe für die Herstellung von LAS sind Benzol und langkettige Alkane (Paraffine). Alkane können mit Hilfe geeigneter Molekularsiebe aus Erdöl gewonnen werden. Im Herstellungsprozess von LAS wird im ersten Schritt Alkylbenzolen synthetisiert. Als Katalysator dient hierbei Fluorwasserstoff (HF). Die erhaltenen Alkylbenzole werden anschließend mit Schwefeltrioxid SO_3 zur Reaktion gebracht. Dabei werden in einer elektrophilen Substitution Alkylbenzolsulfonsäuren gebildet. Im letzten Arbeitsschritt werden

[125] Vgl. GRIEßHAMMER, R.; EBERLE, U. (2000a), S. 2.
[126] Vgl. GRIEßHAMMER, R.; EBERLE, U. (2000b), S. 6.
[127] Vgl. BLUME, R. u. a. (1994), S. 40.
[128] Vgl. BEEH, M. u. a. (2004), S. 10f.
[129] Vgl. HYCHEM (Hrsg.) (2002), o. S.
[130] Vgl. WAGNER, G. (2005), S. 75 ff.

die Alkylbenzolsulfonsäuren mittels Natronlauge neutralisiert. Das LAS liegt dann in wässriger Lösung vor.[131]

Gesetzliche Regelung	Inhalt
Europäische Detergenzienverordnung (Verordnung (EG) Nr. 648/2004) *vom 31.03.2004*	Die Detergenzienverordnung trifft für folgende Bereiche unmittelbar geltende Regelungen: • Begriffsdefinitionen • Anforderungen an die aerobe biologische Endabbaubarkeit von Tensiden in Detergenzien • Ausnahmegenehmigungen für das Inverkehrbringen von Tensiden in Detergenzien bei nicht erfüllten Anforderungen hinsichtlich der aeroben biologischen Endabbaubarkeit • Kennzeichnungsvorschriften für Detergenzien
Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln (WRMG) *zuletzt geändert durch Art. 127 V v. 25.11.2003 I 2304*	regelt die Herstellung und den Vertrieb von Wasch- und Reinigungsmitteln in der Bundesrepublik Deutschland (seit 08.10.2005 ersetzt durch die Detergenzienverordnung)
Verordnung über die Abbaubarkeit anionischer und nichtionischer grenzflächenaktiver Stoffe in Wasch- und Reinigungsmitteln (Tensidverordnung - TensV) *zuletzt geändert am 04.07.1986, BGBl. I S. 851*	bestimmt die biologische Abbaubarkeit von Tensiden
Verordnung über Höchstmengen für Phosphate in Wasch- und Reinigungsmitteln (Phosphathöchstmengenverordnung - PHöchstMengV) *vom 04.06.1980, BGBl. I S 664*	regelt die Höchstmengen an Phosphaten, die in Reinigungs- und Waschmitteln enthalten sein dürfen
Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV) *neugefasst durch Bek. v. 17.06.2004 I 1108, 2625*	regelt den Stand der Technik für die Abwassereinleitung - Anhang 55 (Wäschereien)
Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung – ChemVerbotsV) *zuletzt geändert durch Art. 4 G v. 21.06.2005 I 1666*	• definiert die Regeln für die Inverkehrbringung gefährlicher Stoffe, von Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz • Wasch- und Reinigungsmittel sind Zubereitungen

Abb. 11: Gesetzliche Regelungen für Wasch- und Reinigungsmittel

(Quelle: Eigene Darstellung)

Zur Herstellung von FAEO werden Fettalkohole mit Ethylenoxid umgesetzt. Ethylenoxid ist ein wichtiges technisches Zwischenprodukt und wird durch die katalytische Reaktion von Ethylen mit Sauerstoff gewonnen. Als Katalysatoren werden in der Reaktion Natrium- oder

[131] Vgl. WAGNER, G. (2005), S. 260 f.

Kaliumhydroxide genutzt. Bei der Katalyse entsteht das toxische Nebenprodukt Dioxan, das durch geeignete Reaktionsführung auf ein unbedenkliches Minimum reduziert werden muss.[132]

Die einzelnen Tenside werden in Mischanlagen zum endgültigen Flüssigwaschmittel zusammengemischt. Dabei ist eine gute Durchmischung von der Temperatur und der Rührerdrehzahl abhängig. Zusätzlich werden in ein Waschmittel noch Konservierungsmittel, wie zum Beispiel Ethanol, und polyfunktionale Alkohole (z.B. Glycerin), die die Gelbildung verhindern und dadurch das Einspülen in die Waschmaschine erleichtern, hinzugegeben. Abbildung 43 in Anhang 1 zeigt das Fließschema einer Flüssigwaschmittelherstellung.[133]

Bei allen Herstellungsverfahren von Waschmitteln sind eine Vielzahl von gesetzlichen Beschränkungen für die Inhaltsstoffe einzuhalten. Ziel des Gesetzgebers ist der Schutz der Umwelt vor unerwünschten Auswirkungen, hervorgerufen durch die Inhaltsstoffe von Wasch- und Reinigungsmitteln.[134] Abbildung 11 gibt einen Überblick über die geltenden Rechtsvorschriften. Zusätzlich gelten diverse Selbstverpflichtungen und freiwillige Vereinbarungen der Waschmittelbranche mit den zuständigen Behörden.

5.10 Modul Entsorgung

Die Entsorgung kann stofflich oder energetisch erfolgen.[135] Eine Deponierung ist aufgrund des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) nicht möglich. Für eine sinnvolle Bilanzierung muss die Entsorgung der Verpackungen und der OP-Textilien getrennt betrachtet werden.

5.10.1 Entsorgung von Verpackungen

Für die Verpackung der OP-Textilien gilt in erster Linie der Grundsatz der Vermeidung des KrW-/AbfG. Die nicht vermeidbaren Verpackungen können durch Recycling in den stofflichen Kreislauf zurückgeführt oder als Sekundärbrennstoff in einer Müllverbrennungsanlage bzw. einem Industriekraftwerk energetisch genutzt werden.

In der Müllverbrennungsanlage werden die Verpackungen zusammen mit Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähnlichem Gewerbemüll durchmischt. Dies ist nötig, um einen möglichst gleichbleibenden Heizwert des Mülls zu erhalten. Der durchmischte Müll wird über den Zugabetrichter dem Verbrennungsraum zugeführt. In ihm wird der Müll unter hohem Luftüberschuss verbrannt. Ein hoher Luftüberschuss ist wichtig, um einen guten Abbrand der Schlacke, als auch des Rauchgases zu gewährleisten. Dies führt aber auch dazu, dass ein großer Rauchgasstrom entsteht. Das Rauchgas speichert durch die bis zu 1.000 °C im Verbrennungsraum sehr viel Energie, welche über Wärmetauscher zurückgewonnen wird und zur Stromerzeugung oder Fernwärmeversorgung genutzt wird. Der auf rund 250 °C heruntergekühlte Rauchgasstrom muss anschließend aufwendig gereinigt werden. Die enthaltenen Schadstoffe, wie beispielsweise Chlor- und Fluorwasserstoffe (HCl und HF), Schwefeldioxide (SO_2), Stickoxide (NO_x) und Kohlenmonoxide (CO), müssen entfernt werden. Dazu wird der Rauchgasstrom in einem mehrstufigen System durch Elektrofilter,

---

[132] Vgl. WAGNER, G. (2005), S. 264 f.
[133] Vgl. WAGNER, G. (2005), S. 140 ff.
[134] Vgl. WAGNER, G. (2005), S. 273.
[135] Vgl. KrW-/AbfG §4/1.

Kalk- bzw. Aktivkohlefilter und Rauchgaswäschen gesäubert. Dadurch fallen Filterstäube und Abwässer aus der Rauchgaswäsche an. Ebenso entsteht Abwasser bei der Kühlung der aus dem Brennraum kommenden Schlacke.[136] Die Schlacke wird ebenso wie die Filterstäube auf speziellen Deponien abgelagert. Die Deponien müssen besondere Anforderungen erfüllen, um ein Auswaschen von Schadstoffen, wie Schwermetalle und Salze zu verhindern.[137]

Eine andere Möglichkeit ist das Recycling der Verpackungsstoffe. Papierverpackungen können zu neuen Rohstoffen für die Papierherstellung verarbeitet werden. Dazu wird das Altpapier mittels Wasser in einem Stofflöser in Suspension gebracht. Aus dem gelösten Papier können dann Fremdstoffe, wie Folien, Metalle und Textilfasern entfernt werden. Das suspendierte Papier wird in einem weiteren Schritt von der Druckerfarbe befreit. Beim Deinking-Flotationsverfahren werden die Farbbindemittel durch Natronlauge zur Verseifung gebracht. Die Verseifung bewirkt eine Trennung zwischen Faser und Druckerfarbe und ermöglicht so ein Ausspülen der Farbe. Da Natronlauge aber auch zur Vergilbung der Zellstofffasern beiträgt, werden in den Prozess gleichzeitig Bleichmittel zugegeben. Durch die in den Behälter eingeblasene Luft sammeln sich die Farbpartikel an der Oberfläche und können abgeschöpft werden. Der gereinigte Faserstoff wird unterhalb der Oberfläche abgesaugt, entwässert und in die Papierherstellung zurückgeführt.[138]

Die Kunststoffverpackungen werden über das Duale System Deutschland (DSD) gesammelt und einem Recyclingprozess unterzogen. Voraussetzung für die Verarbeitung ist eine sortenreine Trennung der verschiedenen Kunststoffe.[139] Diese können regranuliert werden und zu neuen Kunststoffprodukten verarbeitet werden. Durch Hydrolyse mit Wasserstoff bei 200 bis 380 °C können Polymere mit Hetroatomen in der Hauptkette in einzelne Monomere aufgespalten werden. Daraus lassen sich wieder neuwertige Kunststoffe synthetisieren. Die praktische Umsetzung der Hydrolyse ist jedoch noch nicht für alle Kunststoffarten möglich.[140]

5.10.2 Entsorgung von OP-Textilien

Die OP-Textilien können ebenfalls stofflich oder energetisch entsorgt werden. Bei der energetischen Verwertung entstehen ähnliche Auswirkungen, wie bei der Verbrennung der Verpackungsstoffe.[141] Besondere Beachtung muss bei der Verbrennung den Kunststofffasern und -membranen geschenkt werden. Bei der Verbrennung von PTFE entstehen zum Beispiel Flusssäure und eine Reihe von perfluorierten Kohlenwasserstoffen. Diese Stoffe werden in der Natur nur sehr langsam abgebaut und reichern sich somit in der Umwelt an. Die genauen Folgen für die Gesundheit der Menschen sind noch nicht erforscht.[142] Für die stoffliche Verwertung ist zu beachten, dass OP-Textilien trotz der möglichen Anhaftung von Blut und anderen Keimquellen nicht als überwachungsbedürftiger Abfall eingestuft werden.[143] Wichtig für die Verwertung der Textilien ist die sortenreine Trennung. Daher werden die dem Recyclingkreislauf zugeführten Textilien in einem ersten Schritt sortiert. Aussortierte

[136] Vgl. KOCH, T.C.; SEEBERGER, J.; PETRIK, H. (1992), S. 75 ff.
[137] Vgl. KOCH, T.C.; SEEBERGER, J.; PETRIK, H. (1992), S. 105 ff.
[138] Vgl. ZERLER, D. u. a. (1989), S. 110 ff.
[139] Vgl. SCHONERT, M. u. a. (2002), S. 53.
[140] Vgl. FRANCK, A. (2000), S. 230.
[141] Vgl. Kapitel 5.10.1.
[142] Vgl. ASSTECH (Hrsg.) (2003), S. 2.
[143] Vgl. AVV §3/1.

Mischgewebe und Mikrofilamentgewebe können in einer Recyclinganlage zu Reißfasern verarbeitet werden. Hierzu werden die Textilien zu Beginn der Verarbeitung durch Öle, Emulsionen oder Fettsäuren strapazierfähiger gegen mechanische Beanspruchungen gemacht. Dieser Prozess heißt Schmälzen. Anschließend werden die Textilien durch mehrere Schneid- und Reißprozesse in einzelne Fasern getrennt, entstaubt und zu Ballen gepresst. Sie können unter anderem in der Vliesstoffherstellung (Dämmmaterialien), in der Herstellung von Verbundbauteilen in der Automobilindustrie (Hutablagen, Innenverkleidungen) und für die Herstellung von Putzlappen eingesetzt werden.[144] Die so genannten Gore-Tex-Stoffe können an den Hersteller zurückgegeben werden, wo sie in ihre Bestandteile Polyester und PTFE zerlegt und anschließend in dem Stoffkreislauf zugeführt werden.[145] Der Aufwand für die Kreislaufführung der Textilfasern wird dadurch erhöht, dass rund 95 Prozent der Textilien in Deutschland Importwaren sind.[146] Häufig verläuft die Fertigungskette der Textilien auch durch verschiedene Länder, so dass eine eindeutige Zuordnung des Herkunftslandes nicht möglich ist. Zusätzlich ergeben sich dadurch größere Transportentfernungen, welche sich negativ auf die Bilanz auswirken können.

Ergebnis der theoretischen Sachbilanz ist neben den vorangegangen Beschreibungen der Prozessabläufe, eine Darstellung der Flüsse in den einzelnen Modulen. Diese Illustrationen sind in Anhang 1 beginnend mit Abbildung 44 ersichtlich. Gemeinsam bilden diese beiden Sachbilanzresultate die Grundlage für die folgende Literaturrecherche.

---

[144] Vgl. WULFHORST, B. (1998), S. 305 f.
[145] Vgl. W. L. GORE & ASSOCIATES (Hrsg.) (2001), S. 9.
[146] Vgl. MÜLLER, A. S. (2005), S. 32.

6 Literaturrecherche

Nach Kenntnis der verschiedenen Prozesse, die innerhalb eines Lebenszyklus von einem OP-Textil durchlaufen werden, wird im Folgenden eine Ökobilanz-Landkarte entlang der in Kapitel 5 beschriebenen Sachbilanzmodule erstellt. Dazu ist es notwendig, eine Literaturrecherche durchzuführen. Ziel der Suche ist die Identifizierung von Quellen, in denen über erstellte Ökobilanzen, Sachbilanzen, Ökoinventare, Input-Output-Analysen oder Lebenszyklusbetrachtungen, sowie deren Ergebnisse berichtet wird. Diese Quellen werden anschließend durch den Autor zur Erstellung der mit Daten hinterlegten Sachbilanz herangezogen.

6.1 Vorgehensweise bei der Literaturrecherche

Durch den Rechercheprozess soll eine möglichst breite Plattform für die Sachbilanz geschaffen werden. In Abbildung 12 wird eine Übersicht über die bearbeiteten Datenbanken und ihre Zugänglichkeit gegeben.

Datenbank	Inhalt	Adresse
Karlsruher Virtueller Katalog	Bibliothekskatalog für Deutschland	www.ubka.uni-karlsruhe.de/kvk.html
MEDI	Fachdatenbank für medizinische Technik	www.fiz-technik.de/db/b_medi.htm
TOGA	Fachdatenbank für Textiltechnik einschließlich Textilveredlung, Textil-maschinenbau und Bekleidungstechnik	www.fiz-technik.de/db/b_toga.htm
APOLLIT incl. ANABSTR und KOSMET	Weltweite Nachweise über Herstellung, Verarbeitung, Anwendung und technologische Eigenschaften der Kunststoffe, sowie über die physikalischen und chemischen Grundlagen der Polymere	http://stneasy.fiz-karlsruhe.de/tmp/01211441568821/14628994.html
CHINAL	Fachdatenbank zur Krankenpflege, Pflegewissenschaft und Gesundheitsmanagement	http://web5s.silverplatter.com/webspirs/start.ws?customer=slubdresden&databases=NU
SCOPUS incl. WTEX	Datenbank für die Fachbereiche Medizin, Mathematik und Naturwissenschaften, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, greift auch auf die Datenbank World Textils (WTEX) zurück	http://www.scopus.com/scopus/home.url
ULIDAT	Umwelt-Literaturdatenbank des Umweltbundesamtes	http://doku.uba.de/
Google Scholar	Internetsuchmaschine für wissenschaftliche Texte	www.scholar.google.com/

Abb. 12: Übersicht der analysierten Datenbanken

(Quelle: Eigene Darstellung)

Vom Autor wurde für die Recherche eine Mischung unterschiedlicher Datenbanken gewählt. Zum einen der Karlsruher Virtuelle Katalog (KVK) um Monographien, welche in deutschen Bibliotheken stehen, zu identifizieren und zum anderen spezielle Fachdatenbanken, um bibliographische Hinweise auf deutsche und internationale Fachliteratur zu erhalten. Als drittes Suchmedium wurde die Internetsuchmaschine „Google Scholar“ verwendet, um Veröffentlichungen im Internet aufzufinden.

Schlagwörter Deutsch	Schlagwörter Englisch
Medizintextilien - Ökologie	medical textiles - sustainable
Medizintextilien - Ökobilanz	medical textiles - life cycle assessment
OP Textilien - Ökologie	surgical gown - sustainable
OP Textilien - Ökobilanz	surgical gown - life cycle assessment
OP Textilien - Input	surgical gown - input
Kunststofffasern - Ökologie	plastic fibre - sustainable
Kunststofffasern - Ökobilanz	plastic fibre - life cycle assessment
Baumwolle - Ökologie	cotton - sustainable
Baumwolle - Ökobilanz	cotton - life cycle assessment
Polymer - Ökologie	polymeric - sustainable
Polymer - Ökobilanz	polymeric - life cycle assessment
Polymer - Input	polymeric - input
Zellstoff - Ökologie	pulp - sustainable
Zellstoff - Ökobilanz	pulp - life cycle assessment
Zellstoffherstellung	chemical pulp manufacture
Weben - Ökologie	weaving - sustainable
Weben - Ökobilanz	weaving - life cycle assessment
Vlies - Ökologie	non-woven - sustainable
Vlies - Ökobilanz	non-woven - life cycle assessment
Schlichte - Ökologie	size - sustainable
Schlichte - Ökobilanz	size - life cycle assessment
Textil - Farbstoffe - Ökologie	textile - dye - sustainable
Textil - Farbstoffe - Ökobilanz	textile - dye - life cycle assessment
Waschmittel - Ökologie	detergent - sustainable
Waschmittel - Ökobilanz	detergent - life cycle assessment
Waschmittelherstellung	detergent - input
Wäscherei - Ökologie	laundry - sustainable
Wäscherei - Ökobilanz	laundry - life cycle assessment
Wäscherei - Input	detergent manufacture
Sterilisation - Ökologie	sterilization - sustainable
Sterilisation - Ökobilanz	sterilization - life cycle assessment
Papierherstellung - Ökologie	paper manufacture - sustainable
Papierherstellung - Ökobilanz	paper manufacture - life cycle assessment
Kunststoff Beutel - Ökologie	plastic bag - sustainable
Kunststoff Beutel - Ökobilanz	plastic bag - life cycle assessment

Abb. 13: Schlagwörter für die Datenbankrecherche

(Quelle: Eigene Darstellung)

Um eine Nachvollziehbarkeit der Recherche zu gewährleisten, wird durch den Autor in den Datenbanken mit definierten Schlagworten gesucht. Die Schlagwörter sind aufgrund der

markanten Prozesse in der theoretischen Sachbilanz ausgewählt worden. Um eine möglichst große Breite bei den Nachforschungen zu erzielen, ist in den Datenbanken auch mit englischsprachigen Suchbegriffen gearbeitet worden. Abbildung 13 enthält alle verwendeten Schlagwortketten. Um bei der Formulierung der englischen Schlagwörter eine verzerrende Umschreibung zu vermeiden, wird vom Verfasser das Textil-Wörterbuch Deutsch-Englisch[147] hinzugezogen. In dem Fall, dass die Schlagwortkette keine oder eine sehr große Anzahl von Suchtreffern erzielt, wird die Recherche durch eine Verkürzung oder Erweiterung der Suchbegriffe verändert. Dies ist dann in den Suchnachweisen vermerkt.

Die durch die Schlagwortsuche in den Datenbanken identifizierten Suchergebnisse müssen bestimmte Basisanforderungen erfüllen, um einer weiterführenden Analyse unterzogen zu werden. Basisanforderungen sind:

1. Die Veröffentlichungen müssen sich mit mindestens einem der Sachbilanzmodule befassen.
2. In der Veröffentlichung müssen Input-/Outputströme, Verbräuche oder Emissionen der besagten Prozesse beschrieben sein.
3. Ausschluss von Texten, die eine rein qualitative Beschreibung eines Sachbilanzmoduls vornehmen.

Die Entscheidung, ob eine Veröffentlichung diese Basisanforderungen erfüllt, wird anhand der Titelangaben sowie der in den Datenbanken hinterlegten Abstracts durch den Autor getroffen. Weitere Entscheidungshilfe kann die angegebene Schlagwortliste in den Datenbanken sein.

Eine andere Möglichkeit des Identifizierens von potenziellen Veröffentlichungen ist die Analyse der in den gelesenen Quellen angegebenen Literatur. Dazu dient ebenfalls der Titel des zitierten Werkes sowie der Zusammenhang in welchem die Publikation in der Sekundärquelle Verwendung findet.

Die Kategorisierung der Studien erfolgt durch die Aufteilung der Veröffentlichung zu den einzelnen Modulen. Dabei ist auch eine Zuteilung einer Studie zu mehreren Modulen möglich.

6.2 Ergebnisse der Literaturrecherche

Abbildung 14 stellt die Ergebnisse der Literaturrecherche zusammengefasst dar. Eine ausführliche Übersicht über die Ergebnisse der einzelnen Datenbanken wird in Anhang 2 gegeben. Dabei ist jeweils immer die Anzahl der auf einen Suchbegriff gefundenen Veröffentlichungen, sowie die Anzahl der aufgrund der Basisanforderungen ausgewählten Quellen dargestellt. Zusätzlich findet sich auf der beiliegenden CD eine Aufstellung aller Veröffentlichungen, die Ergebnis dieser Literaturrecherche sind. Die Differenz zwischen der Anzahl der auf die Basisanforderungen passenden Texte und der tatsächlich ausgewerteten Zahl begründet sich durch die doppelte Nennung von Quellen in den unterschiedlichen Datenbanken.

[147] Vgl. HOHENADEL, P.; RELTON, J. (1996), S. 5 ff.

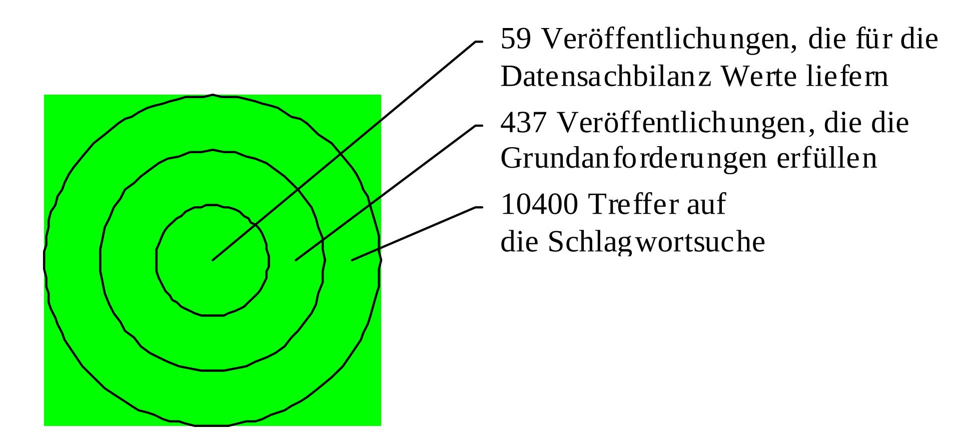


Abb. 14: Ergebnisse der Literaturrecherche

(Quelle: Eigene Darstellung)

Von den 437 recherchierten Quellen, konnten durch den Autor 301 Veröffentlichungen studiert werden. Die Differenz begründet sich dadurch, dass einige Texte, insbesondere Konferenzberichte, nicht öffentlich verfügbar sind oder derart limitiert, dass eine Fernleihe nicht erfolgreich war. Eine weitere Reduzierung der auswertbaren Quellen erfolgte dadurch, dass eine Reihe von Studien nur Gesamtwerte für eine Branche bereitstellen.[148] Diese Quellen wurden durch den Autor ebenfalls ausgeschlossen, da dies zu allgemeine Angaben für eine aussagekräftige Sachbilanz sind. Als Ergebnis konnten aus den untersuchten Veröffentlichungen 59 Studien in der mit Daten hinterlegten Sachbilanz verarbeitet werden. Ihre Zuordnung zu den einzelnen Modulen und Materialien ist in der Prozesssachbilanz vermerkt. Diese ist aufgrund ihres Datenumfangs ebenfalls auf der beigefügten CD gespeichert. Sie stellt damit auch gleichzeitig die Ökobilanz-Landkarte da. Zusätzlich ist in Anhang 2 Abbildung 78 die Bewertung der Datenqualität gegeben.

Die Auswertung der Prozesssachbilanz und der daraus gebildeten Sachbilanz für OP-Textilien wird im folgenden Kapitel dargestellt.

---

[148] Vgl. GOVERMENT OF CATALONIA (Hrsg.) (2002), S. 25 ff; WEIß, B. (1995), S. 28 ff; STÜTT-BRINGMANN, T. (Hrsg.) (1994), S. 79 ff; BAHN, M.; HANSEN, D. (1992), S. 60 ff; WIEDEMANN, P. M. u. a. (o. J.), S. 47 f; SCHMIDTBAUER, J. (1997), S. 27 ff.

7 Erstellung einer mit Daten hinterlegten Sachbilanz

In der Datensachbilanz sollen die analysierten Lebenswege der OP-Textilien mit den entsprechenden Input- und Outputströmen hinterlegt werden. Ziel ist die Berechnung der Stoff- und Energieströme am Ende des Kapitels. Dazu erfolgt im ersten Schritt eine Aufstellung der verschiedenen Ströme für die einzelnen Prozesse innerhalb der Module und in einem zweiten Schritt eine Rückwärtsrechnung für die einzelnen OP-Textilstoffe.

7.1 Sachbilanz der Prozesse

Die in der theoretischen Sachbilanz (Kapitel 5) dargestellten Module bilden die Gliederung für die Sachbilanz der Prozesse. Es ist jeweils pro Modul eine Tabelle erstellt worden, in welcher die Ergebnisse der ausgewerteten Quellen gegenübergestellt werden. Diese Tabellen sind aufgrund der hohen Datenmengen in ihrer Gesamtheit nur auf der dieser Arbeit beigefügten CD verfügbar. In Anhang 3 sind die Ergebnisse zusammengefasst für die einzelnen Textilien aufgezeichnet. Nachfolgend werden einige Aussagen zum Aufbau und zur Datenqualität der Tabellen getroffen, welche die spätere Interpretation der Ergebnisse erleichtern.

7.1.1 Aufbau der Prozesssachbilanz

Für die Sachbilanz werden die Input- und Outputströme untergliedert. Die Stoffe, welche in einen Prozess fließen und dort verarbeitet werden, unterteilen sich in den Input und den Ressourcenverbrauch. Die Substanzen, welche aus einem Prozess herauskommen werden in Output, Luftemissionen, Wasseremissionen und Abfall unterschieden. Diese Einteilung ist notwendig, da die in den ausgewerteten Quellen angegebenen Daten sehr unterschiedliche Detaillierungsgrade besitzen. Unter Input und Output werden Hilfsstoffe angegeben, die eine Vorkette bzw. nachgelagerte Kette besitzen, welche in ihrer Art und Größe aber nicht bekannt ist. Beispielhaft sei hier der Input an Düngemitteln bei der Produktion von Baumwolle genannt. Die Produktion von Düngemitteln verursacht ihrerseits ebenfalls Stoff- und Energieflüsse, welche aber durch die fehlenden Informationen über die Art und Zusammensetzung des Düngemittels in der Quelle nicht einbezogen werden können. Weiterhin werden die Mengen der verarbeiteten Vorprodukte bzw. der Produkte und Nebenprodukte hier angegeben. Unter Ressourcenverbrauch werden alle durch den Prozess oder die Hilfsstoffe verursachten Ressourcenverbräuche aufgelistet. Ebenso verhält es sich bei den Outputstoffen, welche nach den Emissionen in Luft und Wasser, sowie den verschiedenen Abfallarten getrennt dargestellt werden. Die Prozesssachbilanzen sind abweichend von der funktionellen Einheit in Stofffluss pro 1.000 g Output Produkt erstellt.

Die Qualität der für die Prozesssachbilanz ausgewerteten Quellen ist sehr unterschiedlich. Daher ist vom Autor für Prozesse zu denen mehrere Quellen vorliegen und in denen die Angaben vergleichbar sind, der Durchschnitt der angegebenen Stoffströme gebildet. Nachfolgenden soll kurz auf die Aussagekraft der einzelnen Zahlenwerte in den Modulen eingegangen werden.

7.1.2 Qualität der Inhalte der Prozesssachbilanz

7.1.2.1 Phase der Rohstoffgewinnung und -bereitstellung

Im Modul Rohstoffherstellung wird die Produktion aller Grundbausteine für die Fertigung eines OP-Textils bilanziert. Für die Erzeugung von Zellstoff, Baumwolle, sowie den Kunststoff-Granulaten von Polyethylen (LDPE), Polypropylen (PP) und Polyester (PES) sind mehrere Quellen ausgewertet worden. Es zeigt sich, dass die bilanzierten Daten für die einzelnen Fertigungsverfahren sehr stark voneinander abweichen. Beispielhaft sei hier der Verbrauch von Elektrizität bei der Erzeugung von Baumwolle genannt. Dieser wird in der Literatur mit 1,96 MJ (GEMIS[149]) bis 128,9 MJ (WIEGMANN, K.[150]) angegeben. Problematisch ist aus Sicht des Autors, dass sich diese Unterschiede durch Vergleich der Quellen nicht vollständig erklären lassen. Ein Teil der Differenz lässt sich dadurch begründen, dass unterschiedliche Erzeugerländer mit einer abweichenden Mechanisierung betrachtet werden. Wird dieser Unstimmigkeit beseitigt, ergibt sich für die Produktion von Baumwolle in den USA noch immer ein Unterschied von 115,51 MJ. GEMIS bilanziert 13,39 MJ[151] im Vergleich zu 128,9 MJ bei WIEGMANN, K. (2002). Dieser Fehlbetrag lässt sich durch das Studium der Quellen nicht erklären. Daher hat sich der Autor entschieden für die nachfolgenden Berechnungen jeweils den Mittelwert der veröffentlichten Stoffflüsse zu verwenden und somit die variierenden Angaben auszugleichen.

Für die Herstellung von Polyurethan (PU) und Polytetrafluorethylen (PTFE) können nur zwei bzw. eine Bilanz ausgewertet werden. Die Datenqualität wird deshalb als gering bewertet. Für die Ermittlung der Aufwendungen für die Herstellung von PTFE sind zusätzlich die Stoffströme der durch CEDERGREN, J. (2001) angegebenen Inhaltsstoffe Flusssäure (HF) und Methan (CH4) bilanziert worden. Methan ist in dieser Bilanz durch den verwandten Stoff Methanol (stofflich) repräsentiert, da es dem Autor nicht möglich ist, Sachbilanzwerte für die Methanproduktion zu finden.

7.1.2.2 Phase der Herstellung der OP-Wäsche

Im Modul Faserherstellung wird die Garnherstellung für die wichtigsten Textilstoffe dargestellt. Es zeigt sich aber auch hier eine breite Streuung der Angaben.

Eine sehr gute Datenbasis ist für das Weben von Baumwolle vorhanden. Bei den anderen bilanzierten Flächenbildungsverfahren ist die Datengrundlage mit jeweils nur zwei aussagekräftigen Studien als eher mittelmäßig zu bezeichnen. Dies gilt insbesondere für die Herstellung von PE-Vliesstoff, da das Öko-Institut auch die Daten für die GEMIS-Datenbank, allerdings in erweiterter Form, liefert. Für die Folienherstellung können drei verschiedene Sachbilanzen identifiziert werden, wobei der Vergleich dadurch erschwert wird, dass HABERSATTER, K. u. a. (1996a)[152] nicht den Rohstoff der Folie nennt und durch die GESELLSCHAFT FÜR VERPACKUNGSMARKTFORSCHUNG (Hrsg.) (2004)[153] das Herstellungsverfahren nicht definiert wird. Bei der Bilanz für das Verkleben von Folie und Zellstoff ist aus Sicht des Autors als Schwäche in der Aufstellung zu erwähnen, dass der

[149] Vgl. GEMIS 4.3 (2005), Prozesse -> Entkörnen-PE/Baumwolle-PE-öko -> Kommentar.
[150] Vgl. WIEGMANN, K. (2002), S. 5.
[151] Vgl. GEMIS 4.3 (2005), Prozesse -> Entkörnen-US/Baumwolle-US -> Kommentar.
[152] Vgl. HABERSATTER, K. u. a. (1996a), S. 344 f.
[153] Vgl. GESELLSCHAFT FÜR VERPACKUNGSMARKTFORSCHUNG (Hrsg.) (2004), S. 8.

Klebstoff nicht genau benannt ist und damit ein weiteres Zurückverfolgen des Lebensweges nicht möglich ist. Für die Produktion der Membranen sind keine Sachbilanzwerte verfügbar, daher wird in den weiteren Berechnungen die Blasfolienproduktion als Grundlage herangezogen. Dies liefert einen Näherungswert, da es sich bei Membranen zumeist um verstreckte Folien handelt.

Eine Vielzahl von Studien befasst sich mit der Problematik der Textilveredlung. Insbesondere die Veredlung von Baumwolle wird in 28 verschiedenen Darstellungen beschrieben. Die Aussagekraft und die Übertragbarkeit auf die OP-Textilien ist aus Sicht des Autors nicht immer gegeben. Eine Mehrzahl der Quellen stellt die Veredlung als Black-Box-System dar, für welches nur kumulierte Werte angegeben werden.[154] Es lassen sich daher keine Aussagen darüber treffen, welche Veredlungsprozesse und welche Techniken für die bilanzierten Angaben berücksichtigt werden. Eine Übertragung auf die OP-Textilien ist deswegen nur in begrenztem Umfang möglich, da für OP-Textilien besondere Anforderungen gelten. Bei JÖDICKE, A. (2001) ist zum Beispiel die Veredlung eines Baumwoll-T-Shirts dargestellt. Es wird daher vom Autor die Annahme getroffen, dass eine Wasserdichtausrüstung in der Bilanz nicht enthalten ist. Diese Problematik setzt sich bei allen aggregierten Veredlungsbilanzen fort.

Für die Konfektion der veredelten Textilien zum Bekleidungsstück können fünf Quellen ausgewertet werden. Die angegeben Werte sind für die Herstellung von T-Shirts, Blusen oder Arbeitsjacken ermittelt worden. Sie zeigen sehr ähnliche Verschnitte von rund 13 Prozent, was nach Auffassung des Autors auch ein guter Referenzwert für die Konfektion eines OP-Mantels ist. Das Modul der Konfektion basiert daher auf einer guten Datenqualität.

7.1.2.3 Gebrauchsphase

Der fertig konfektionierte Mantel wird vor seinem Einsatz im OP sterilisiert. Für die Sterilisation sind insgesamt vier Quellen identifiziert worden. Zwei dieser vier Studien besitzen verwertbare Daten. Dabei sind die Angaben aus FRÜH, R. (1997) in ihrer Datenqualität als gering zu bewerten, da sich die Studie mit der Dauer und Temperatur des Sterilisationsvorganges befasst und die Anlagendaten, sowie Verbrauchswerte nur der Beschreibung des Versuchsaufbaus zu entnehmen sind. Die Studie gibt Inputwerte für einen Dampfsterilisator mit Eigendampferzeugung an.[155] Die Angaben der Münchner Medizin Mechanik GmbH sind in ihrer Aussagekraft höher einzuschätzen, geben aber keinen Überblick über einen allgemeingültigen Stoff- und Energiefluss bei der Sterilisation, sondern nur einen punktuellen Verbrauchswert für einen einzelnen Autoklaven.[156] Werte für die Gas- oder Strahlensterilisation sind für den Autor nicht verfügbar. Somit sind keine Daten für die Sterilisation von Einwegprodukten vorhanden. Es wird daher für die Einwegtextilien ebenfalls eine Dampfsterilisation angesetzt. Die dadurch bilanzierten Stoffflüsse entsprechen aber nicht den wirklichen Abläufen. Anstatt der Strahlenbelastung auf die Umwelt, welche bei der Sterilisation von Einwegtextilien entsteht, werden Wasserverbräuche bilanziert. Demzufolge ist die Datenqualität für die Sterilisation als sehr schlecht zu bezeichnen.

---

[154] Vgl. unter anderem: JÖDICKE, A. (2001), S.73; VISVANATHAN, C. u. a. (2000), S. 3 f; HANSEN, D. (1994), S. 40 ff; BRITISH TEXTILE TECHNOLOGY GROUP (Hrsg.) (1999), S. 4 f.

[155] Vgl. FRÜH, R. (1997), S. 3.

[156] Vgl. MMM MÜNCHNER MEDIZIN MECHANIK (Hrsg.) (o. J.), S. 1.

Für die Nutzung im OP wird keine Sachbilanz aufgestellt. Ursache dafür ist, dass, wie schon in Kapitel 5 beschrieben, von keinem Stofffluss während der Nutzungsphase auszugehen ist.

Das Modul des Waschens, und damit verbunden die Waschmittelherstellung und die Produktion der Waschmittelchemikalien stellt einen wichtigen Punkt im Lebensweg der Mehrwegtextilien dar. Problematisch ist hier die Verknüpfung zwischen den einzelnen Modulen. Die gesamte Waschmittelkette muss hierbei in das Waschen im Haushalt und in die gewerbliche Wäsche unterteilt werden. Für den Haushaltsbereich besteht eine wesentlich breitere Datenbasis[157] als dies bei der gewerblichen Wäscherei gegeben ist. Kompliziert bei der gewerblichen Wäscherei ist die Offenlegung der verwendeten Waschmittel und ihrer Inhaltstoffe. Für das Waschen in einer Großwäscherei wurden sieben Quellen identifiziert, aber nur für die Quelle EBERLE, U.; GRIEßHAMMER, R. (2000) ist es auch möglich den genannten Waschmittelverbräuchen eine Vorkette zuzuweisen. In den anderen Quellen wird lediglich eine Aufteilung in Waschmittel, Waschkraftverstärker und Bleichmittel vorgenommen. Es ist dem Verfasser nicht möglich die genaue Zusammensetzung der Waschmittel zu ermitteln. Für die Berechnungen werden die Darstellung von EBERLE, U.; GRIEßHAMMER, R. (2000) herangezogen. Diese beziehen sich auf die Reinigung von verschmutzter Arbeitskleidung und können somit nur einen Richtungshinweis für die Säuberung von OP-Wäsche geben.[158]

Im Modul der Verpackungsherstellung werden die Aufwendungen für die möglichen verschiedenen Papiere sowie für die Produktion eines Kunststoffbeutels dargestellt. Die Qualität der bilanzierten Werte kann für die Papiere als gut und für die Kunststoffbeutel als mittel bezeichnet werden.

7.1.2.4 Phase des Recyclings und der Entsorgung

Die Aufgliederung der Aufwendungen für die Entsorgung gestaltet sich schwierig, da die überwiegende Zahl der Quellen die Verwertung von Hausmüll im Allgemeinen bilanziert. Es wird keine Unterscheidung der einzelnen Fraktionen im Hausmüll vorgenommen. HEILMANN, A. (2000) nimmt eine grobe Einteilung des thermisch verwerteten Hausmülls in einzelne Stoffgruppen vor.[159] Die Datenqualität ist deshalb für die Textilien aus Sicht des Autors als gering zu bewerten, während sie für die Verpackungen als gut anzusehen ist. Das Textilrecycling sowie die biologisch-mechanische Verwertung kann für die Textilien aufgrund der mangelnden Daten nicht betrachtet werden.

Übergreifend über die Module und Phasen wird die Abwasserreinigung bilanziert. Hierfür werden die Werte zweier Quellen für eine kommunale (öffentliche) Abwasseraufbereitungs-anlage herangezogen. Da die Analyse einer prozessinternen Anlage dem Autor nicht möglich ist, wird in den nachfolgenden Berechnungen immer von einer Einleitung des Abwassers in den öffentlichen Kanal ausgegangen.

Abschließend muss darauf hingewiesen werden, dass die Datenqualität der einzelnen Quellen auch dadurch sehr stark voneinander abweicht, weil einige Autoren die Vorkette der

---

[157] Vgl. u. a. GRIEßHAMMER, R.; BUNKE, D.; GENSCH, C.-O. (1997), S. 98 ff; FRANKE, M., KLÜPPEL, H., OLSCHEWSKI, P. (1995), S. 508 ff; HOOF, G. V.; SCHOWANEK, D.; FEIJTEL, T. (2003), S. 5 ff; SAOUTER, E.; HOOF, G.V. (2002), S. 103 ff.

[158] Vgl. EBERLE, U.; GRIEßHAMMER, R. (2000), S. 39

[159] Vgl. HEILMANN, A. (2000), S. 47 ff.

Elektrizitätserzeugung bewerten, andere wiederum nicht. Veröffentlichungen, in denen die Stromerzeugung mit bilanziert wird, sind in den Tabellen mit einem Stern (*) gekennzeichnet. Für alle Prozesse, in deren Bilanz die Elektrizitätserzeugung nicht berücksichtigt wird, ist seitens des Autors eine dem Stromverbrauch entsprechende Zurechnung der Emissionen erfolgt. Die Werte spiegeln die verursachten Stoffflüsse bei der Stromerzeugung in Deutschland, ausgehend vom Kraftwerksmix im Jahr 2000 inklusive der Bonusverrechnungen für die Kraft-Wärme-Kopplung wieder. Die Daten stammen aus der GEMIS-Software und sind mit einer hohen Qualität bewertet.[160] In den Tabellen sind diese Angaben an der kursiven Schreibweise erkennbar.

Die erstellten Prozesssachbilanzen dienen als Grundlage für die Erstellung der Sachbilanzen der Textilien. Ausgehend vom Gewicht des fertigen Mantels wird eine Rückwärtsrechnung für die Herstellung des OP-Textils vorgenommen und zusätzlich die Stoff- und Energieflüsse in der Nutzungs- und Entsorgungsphase berechnet. Grund für diese Bewertung ist abermals die eingeschränkte Anzahl von auswertbaren Literaturquellen.

Auf Basis der beschriebenen Datenqualität wurde vom Autor eine Sachbilanz für OP-Textilien erstellt.

7.2 Sachbilanz der OP-Textilien

Die Sachbilanz der OP-Textilien ist unterteilt in die einzelnen Module, welche den gesamten Lebenszyklus der OP-Textilien abbilden. Das Ergebnis stellt die Summe, der durch das Produkt hervorgerufenen Stoff- und Energieflüsse dar. In Anhang 3 sind die einzelnen Sachbilanzen der jeweiligen OP-Mäntel dargestellt. Die bilanzierten Ströme und Emissionen sind dabei im Gegensatz zu den Prozesssachbilanzen durch den Verfasser eingeschränkt. Es werden jene Faktoren ausgewählt, die eine spätere Interpretation der Ergebnisse ermöglichen. Vorraussetzung ist, dass der Bilanzwert möglichst in allen Modulen und bei allen Textilien ermittelt ist.

Für die Aufstellung der Prozessketten werden durch den Autor einige Berechnungen und Schätzungen vorgenommen, welche im Folgenden begründet werden.

7.2.1 Sachbilanz der Einwegtextilien

Für die Berechnung der Stoffflüsse ist die Kenntnis über die verwendete Gewebefläche pro Mantel notwendig. Da sich hierfür in der Literatur keine Daten finden lassen, werden durch den Autor die Berechnungen anhand der Angaben in GEBHARDT, A. (2004) vorgenommen. Die Fläche eines Mantels ergibt sich aus dem Kittelgewicht[161] des Mantels D SP und der flächenbezogenen Masse dieses Mantels. Gebhardt gibt das Gewicht mit 137,9 g[162] an und verzeichnet ein Flächengewicht des entsprechenden Kittelvlieses von 60,76 g/m²[163]. Dies ergibt eine Mantelfläche von rund 2,3 m². Möglich ist die Berechnung, weil es sich bei diesem Kittel um einen Standard-Performance Mantel mit einlagiger Vliesstruktur in den Barrierezonen handelt. Eine weitere Abschätzung ist nötig, um die Größe der Barrierezone im Frontbereich zu bestimmen. Aufgrund dessen, das hierfür keine Werte für die Berechnung zur

[160] Vgl. GEMIS 4.3 (2005), Prozesse -> Strom-Bonus-el-mix-DE-2000 -> Ergebnisse -> Berechnen.
[161] In dieser Arbeit wird Kittel synonym zu Mantel verwendet.
[162] Vgl. GEBHARDT, A. (2004), Anlage 7.
[163] Vgl. GEBHARDT, A. (2004), Anlage 11.

Verfügung stehen, wird diese Fläche durch den Verfasser näherungsweise bestimmt. Der Autor schätzt die Fläche des Frontbereichs, beruhend auf einer persönlichen Bewertung eines OP-Mantels, auf 40 Prozent der Gesamtfläche. Mit Hilfe dieser Abschätzungen ist eine Berechnung der Sachbilanzen durch eine Ermittlung der Flächengrößen der einzelnen Bereiche des Mantels möglich.

Für die Kittel E und F wird ein Mischungsverhältnis des Polyester-Zellstoff-Vlieses von 50/50 angenommen. Diese Annahme begründet sich auf ein Gespräch mit Frau Pietsch vom Institut für Textil- und Bekleidungstechnik (ITB) an der TU Dresden.[164]

7.2.2 Sachbilanz der Mehrwegtextilien

Ähnlich den Einwegtextilien müssen auch bei den Mehrwegtextilien einige Abschätzungen für eine erfolgreiche Berechnung der Sachbilanz getroffen werden. Durch den Autor wird festgelegt, dass das Mischungsverhältnis des Polyester-Baumwoll-Gewebes im Kittel A HP bei 65/35 PES/BW liegt. Die Annahme wird dadurch gestützt, dass GEBHARDT, A. (2004) ein Flächengewicht von 210,86 g/m^2[165] angibt. Für Stoffe mit diesem mittleren Quadratmetergewicht gibt ROBOD ein Mischungsverhältnis von 35 Prozent Baumwolle zu 65 Prozent Polyester[166] an.

Das Verhältnis zwischen Polyester und PU- bzw. PTFE-Membran bei den Kitteln B HP und C HP wird den Darstellungen von SCHMIDT, A. (2000) entnommen. Es ergibt sich eine Verteilung von 71/29 zwischen Polyester und Membran.[167]

Die Standard-Performance-Mäntel von B und C werden gemeinsam bilanziert, da sie aus demselben Material bestehen und auch den gleichen Gewebeaufbau vorweisen.[168] Das Gewicht dieser Mäntel wird bei SCHMIDT, A. (2000) mit 311 g angegeben.[169]

Mit Hilfe oben genannter Berechnungen und Abschätzungen ist es möglich, den gesamten Lebenszyklus für die OP-Textilien zu berechnen.

7.3 Ergebnis der mit Daten hinterlegten Sachbilanz

Ergebnis aller in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Überlegungen ist die mit Daten hinterlegte Sachbilanz. Die Abbildungen 15 und 16 stellen die Ergebnisse dar. Die Zahlenwerte geben jeweils den Verbrauch bzw. den Ausstoß des beschriebenen Stoffes über den gesamten Lebensweg wieder. Bei Einwegtextilien entspricht dies der Herstellung, Anwendung und Entsorgung. In die Werte der Mehrwegtextilien sind alle Flüsse aus der Herstellung, 80 Waschzyklen und der Entsorgung eingeflossen. Als Verpackung wird bei den Einweg-, wie bei den Mehrwegtextilien von einer Einmalverpackung ausgegangen.

Es lässt sich erkennen, dass der Einwegmantel D, aus einem polypropylenen Meltblown-Spinnvlies, die geringsten Stoff- und Energieflüsse in seiner Stoffgruppe verursacht. Dies gilt sowohl für den High-Performance, wie auch den Standard-Performance Mantel. Die weitere

[164] Gespräch mit Frau Pietsch vom ITB am 01.02.2006.
[165] Vgl. GEBHARDT, A. (2004), Anlage 10.
[166] Vgl. ROBOD (Hrsg.) (2006), o. S.
[167] Vgl. SCHMIDT, D. (2000), S. 12.
[168] Vgl. PIETSCH, K.; LEHMANN, B. (2005), S. 24 f.
[169] Vgl. SCHMIDT, D. (2000), S. 12.

Reihenfolge der High-Performance Mäntel sieht Kittel F vor Kittel E. Bei den SP-Mänteln liegen Kittel E und F gleich auf.

Im Mehrwegbereich zeigen die Mäntel B und C bei den HP-Mänteln einen annähernd gleichen Stoff- und Energiefluss. Kittel A verursacht einen deutlich größeren Fluss. Das gleiche Bild zeigt sich bei den Standard-Performance Mänteln.

			Einweg					
	Kittel		**Kittel D HP**	**Kittel D SP**	**Kittel E HP**	**Kittel E SP**	**Kittel F HP**	**Kittel F SP**
	Stoff	in						
Input	Elektrizität	MJ	20,11	17,09	26,43	22,78	23,06	22,84
	Prozesswärme	MJ	0,44	0,36	0,04	0,04	0,04	0,04
	Farbstoff	g	7,55	6,08	9,90	7,28	8,37	7,31
	Textilgrundchemikalien	g	38,31	30,89	50,24	36,98	42,51	37,12
	Textilhilfsmittel	g	22,64	18,25	29,69	21,85	25,12	21,94
	Waschkraftverstärker	g						
	Waschmittel	g						
Output	Abwasser	l	31,45	25,49	40,20	29,60	34,02	29,71
	Fernwärme	MJ	0,65	0,51	0,92	0,66	0,77	0,66
	Elektrizität	MJ	1,74	1,35	2,45	1,77	2,05	1,77
Ressourcenverbrauch	Abwärme	MJ	-55,02	-44,36	-10,30	-0,03	-3,64	-0,03
	Atomkraft	MJ	14,93	12,81	20,57	17,78	18,03	17,82
	Biomasse	MJ	0,67	0,59	1,19	1,00	1,04	1,00
	Braunkohle	MJ	11,21	9,61	15,12	13,16	13,29	13,19
	Eisen-Schrott	g	3,33	2,78	3,37	2,84	2,89	2,85
	Erdgas	MJ	5,24	4,46	6,03	4,68	5,05	4,69
	Erdöl	MJ	14,72	11,94	7,03	3,71	4,83	3,73
	Erze	g	11,34	9,50	11,81	9,84	10,10	9,87
	Fe-Schrott	g	1,06E-07	8,60E-08	3,83E-08	2,07E-08	2,56E-08	2,08E-08
	Geothermie	MJ	1,57E-03	1,27E-03	6,90E-04	2,18E-04	3,94E-04	2,22E-04
	Luft	g	19,22	15,73	4,46	0,92	2,13	0,91
	Mineralien	g	73,62	62,64	93,17	79,90	81,13	80,08
	Müll	MJ	3,53	3,02	4,87	4,27	4,29	4,28
	NE-Schrott	g	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
	Sekundärrohstoffe	MJ	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
	Steinkohle	MJ	9,00	7,80	14,06	11,85	12,23	11,88
	Wasser	l	16,81	14,42	27,97	25,39	24,83	25,44
	Wasserkraft	MJ	0,86	0,74	1,87	1,73	1,67	1,74
	Wind	MJ	0,25	0,22	0,37	0,32	0,32	0,32
Luftemissionen	Arsen (As)	g	3,98E-05	3,43E-05	5,52E-05	4,79E-05	4,87E-05	4,80E-05
	Ammoniak (NH4)	g	-0,30	-0,24	0,06	0,12	0,09	0,12
	Blei (Pb)	g	1,71E-04	1,44E-04	2,20E-04	1,83E-04	1,91E-04	1,83E-04
	Cadmium (Cd)	g	2,61E-05	2,17E-05	3,38E-05	2,90E-05	2,95E-05	2,92E-05
	Chrom (Cr)	g	3,99E-05	3,42E-05	5,44E-05	4,74E-05	4,80E-05	4,76E-05
	Flussäure (HF)	g	4,99E-03	4,31E-03	6,58E-03	5,37E-03	5,70E-03	5,39E-03
	Kohlenstoffdioxid (CO2)	g	3166,65	2691,84	3775,76	3136,29	3269,70	3143,50
	Kohlenstoffmonooxid (CO)	g	1,82	1,53	5,48	5,39	4,96	5,40
	Lachgas (N2O)	g	0,09	0,08	0,38	0,39	0,35	0,39
	Methan (CH4)	g	5,93	5,06	6,71	5,27	5,70	5,28
	Nickel (Ni)	g	3,56E-04	2,93E-04	4,63E-04	4,01E-04	4,03E-04	4,03E-04
	NMVOC Nicht-Methane	g	3,81	3,11	2,26	1,34	1,68	1,35
	PAH Polyzykl. arom. KW	g	3,38E-08	2,85E-08	2,39E-07	1,82E-07	1,94E-07	1,83E-07
	PCDD/F	g	1,10E-10	9,29E-11	1,53E-10	1,37E-10	1,36E-10	1,38E-10
	Perfluoraethan	g	3,92E-05	3,36E-05	4,73E-05	4,00E-05	4,11E-05	4,01E-05
	Perfluormethan	g	4,75E-06	4,10E-06	5,88E-06	5,23E-06	5,19E-06	5,25E-06
	Quecksilber (Hg)	g	-1,31E-03	-1,05E-03	-1,30E-03	-1,26E-03	-1,18E-03	-1,26E-03
	Salzsäure (HCl)	g	0,08	0,07	0,08	0,06	0,07	0,06
	Schwefeldioxid (SO2)	g	3,71	3,14	4,48	3,32	3,70	3,33
	Schwefelwasserstoff (H2S)	g	-0,13	-0,11	-0,01	0,02	0,01	0,02
	Staub	g	0,57	0,49	0,91	0,65	0,76	0,66
	Stickoxid (NOx)	g	7,02	5,86	7,91	6,38	6,67	6,40
	TOPP-Äquivalent	g	6,80	5,76	11,16	9,45	9,75	9,47
Wasseremissionen	anorg. Salze	g	0,37	0,30	151,27	162,39	141,70	162,66
	AOX	g	0,54	0,51	4,61	4,93	4,27	4,94
	Arsen (As)	g	1,76E-07	1,69E-07	4,29E-06	2,95E-06	3,34E-06	2,98E-06
	Blei (Pb)	g	8,02E-07	7,56E-07	1,60E-05	1,13E-05	1,26E-05	1,15E-05
	BSB5	g	8,80	7,11	11,62	8,63	9,85	8,66
	Cadmium (Cd)	g	1,76E-08	1,62E-08	6,87E-07	3,96E-07	5,05E-07	4,02E-07
	Chrom (Cr)	g	1,79E-02	1,44E-02	2,35E-02	1,73E-02	1,98E-02	1,73E-02
	CSB	g	39,23	31,76	53,53	40,44	45,54	40,58
	Phosphor (P)	g	0,06	0,04	0,07	0,05	0,06	0,05
	Quecksilber (Hg)	g	9,96E-09	8,03E-09	1,01E-07	4,81E-08	6,99E-08	4,92E-08
	Stickstoff (N)	g	0,42	0,34	0,54	0,40	0,46	0,40
Abfall	Abraum	g	10747,17	9244,39	12925,96	10926,94	11276,13	10953,35
	Asche	g	249,27	212,37	261,79	207,09	224,34	207,58
	Klärschlamm	g	69,35	55,97	95,71	72,36	81,48	72,62
	Müll-atomar (hochaktiv)	g	0,01	0,01	7,49	8,05	7,02	8,06
	Produktionsabfall	g	77,61	71,24	746,21	780,99	697,21	782,27
	REA-Reststoff	g	50,33	42,91	58,41	48,39	50,46	48,50

Abb. 15: Sachbilanz für Einweg-OP-Mäntel

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Kittel		Mehrweg				
	Stoff	in	Kittel A HP	Kittel A SP	Kittel B HP	Kittel C HP	Kittel B, C SP
Input	Elektrizität	MJ	1819,57	1554,31	687,41	683,09	521,23
	Prozesswärme	MJ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Farbstoff	g	20,77	12,40	12,09	12,09	9,57
	Textilgrundchemikalien	g	266,56	49,96	48,69	48,69	38,56
	Textilhilfsmittel	g	64,92	48,24	47,01	47,01	37,23
	Waschkraftverstärker	g	286,76	161,20	218,40	218,40	124,40
	Waschmittel	g	1376,45	773,76	1048,32	1048,32	597,12
Outpu	Abwasser	l	2470,92	1861,75	1077,94	1077,94	744,49
	Fernwärme	MJ	2,63	1,48	2,00	2,00	1,14
	Elektrizität	MJ	7,02	3,95	5,35	5,35	3,04
Ressourcenverbrauch	Abwärme	MJ	-4,15	-4,15	-2,26	-2,33	-2,33
	Atomkraft	MJ	1504,89	1307,46	560,09	558,79	431,15
	Biomasse	MJ	90,39	81,48	32,33	32,09	26,34
	Braunkohle	MJ	1035,47	883,79	401,24	401,51	303,57
	Eisen-Schrott	g	215,33	167,08	71,01	71,31	54,63
	Erdgas	MJ	397,74	338,72	168,56	161,79	123,17
	Erdöl	MJ	101,93	89,07	52,08	46,35	37,05
	Erze	g	687,24	593,76	253,78	543,65	196,42
	Fe-Schrott	g	2,45E-07	2,08E-07	8,86E-08	9,44E-08	6,81E-08
	Geothermie	MJ	5,12E-03	3,66E-03	1,32E-02	1,56E-03	1,20E-03
	Luft	g	103,00	108,09	118,58	51,22	55,84
	Mineralien	g	7108,67	5686,05	2455,36	2455,77	1877,39
	Müll	MJ	359,39	311,93	132,58	132,64	101,94
	NE-Schrott	g	1,26	1,06	0,48	0,48	0,36
	Sekundärrohstoffe	MJ	1,95	1,62	0,81	-0,82	0,59
	Steinkohle	MJ	966,39	821,03	374,22	371,35	282,83
	Wasser	l	6640,20	2740,58	1501,21	1462,66	1050,38
	Wasserkraft	MJ	80,03	69,38	30,57	30,59	23,75
	Wind	MJ	6959,48	3920,61	5289,67	5289,66	3014,99
Luftemissionen	Arsen (As)	g	4,39E-03	3,79E-03	1,60E-03	1,59E-03	1,23E-03
	Ammoniak (NH4)	g	1,46	0,93	0,72	0,68	0,53
	Blei (Pb)	g	1,30E-02	1,10E-02	5,17E-03	5,17E-03	3,85E-03
	Cadmium (Cd)	g	1,34E-03	1,11E-03	5,41E-04	5,42E-04	3,96E-04
	Chrom (Cr)	g	4,02E-03	3,47E-03	1,51E-03	1,46E-03	1,12E-03
	Flussäure (HF)	g	5,09E-01	4,33E-01	1,99E-01	1,98E-01	1,50E-01
	Kohlenstoffdioxid (CO2)	g	264932,37	223570,52	105113,78	104455,15	78398,52
	Kohlenstoffmonooxid (CO)	g	203,05	174,25	72,12	71,14	58,42
	Lachgas (N2O)	g	11,49	9,46	5,01	5,01	4,11
	Methan (CH4)	g	396,32	325,41	175,46	169,76	125,64
	Nickel (Ni)	g	1,28E-02	1,04E-02	5,63E-03	5,76E-03	0,00
	NMVOC Nicht-Methane	g	52,58	46,10	25,68	25,70	21,21
	PAH Polyzykl. arom. KW	g	9,25E-05	5,77E-05	4,58E-04	6,34E-05	3,74E-05
	PCDD/F	g	8,38E-09	7,19E-09	3,08E-09	3,08E-09	2,39E-09
	Perfluoraethan	g	3,93E-03	3,40E-03	1,43E-03	1,43E-03	1,10E-03
	Perfluormethan	g	4,96E-04	4,28E-04	1,80E-04	1,81E-04	1,39E-04
	Quecksilber (Hg)	g	4,26E-03	3,61E-03	1,66E-03	1,63E-03	1,23E-03
	Salzsäure (HCl)	g	5,55	4,47	2,51	2,46	1,80
	Schwefeldioxid (SO2)	g	262,05	232,08	104,33	103,75	83,08
	Schwefelwasserstoff (H2S)	g	3,70	3,69	0,82	0,82	0,82
	Staub	g	72,57	201,39	28,87	47,94	128,38
	Stickoxid (NOx)	g	403,02	357,00	149,47	147,86	120,25
	TOPP-Äquivalent	g	344,97	285,35	158,35	158,25	127,55
Wasseremissionen	anorg. Salze	g	1815,85	998,17	1019,34	1019,34	739,22
	AOX	g	777,55	777,54	172,23	172,22	172,22
	Arsen (As)	g	5,16E-04	4,04E-04	2,53E-04	2,53E-04	1,69E-04
	Blei (Pb)	g	1,78E-03	1,47E-03	7,80E-04	7,79E-04	5,46E-04
	BSB5	g	269,78	228,09	114,84	114,84	84,59
	Cadmium (Cd)	g	8,68E-04	4,97E-04	6,50E-04	6,50E-04	3,72E-04
	Chrom (Cr)	g	2,59E-02	6,78E-03	7,81E-03	6,46E-03	4,50E-03
	CSB	g	1238,70	1199,03	325,25	324,74	304,03
	Phosphor (P)	g	1,06	0,93	0,34	0,21	0,21
	Quecksilber (Hg)	g	2,03E-06	1,28E-06	5,06E-05	1,37E-06	8,12E-07
	Stickstoff (N)	g	9,25	7,82	3,68	3,68	2,81
Abfall	Abraum	g	1034777,80	878315,69	393073,73	393298,75	296145,38
	Asche	g	22325,33	19235,52	8292,65	8289,16	6288,17
	Klärschlamm	g	835,68	708,58	221,07	221,08	203,77
	Müll-atomar (hochaktiv)	g	66,91	35,44	34,27	582,41	27,14
	Produktionsabfall	g	6488,86	3659,07	3391,22	3364,71	2660,61
	REA-Reststoff	g	4504,37	3851,33	1672,27	1673,03	1277,30

Abb. 16: Sachbilanz für Mehrweg-OP-Mäntel

(Quelle: Eigene Darstellung)

Um auch zwischen den Einweg- und Mehrwegprodukten vergleichen zu können, muss jeweils eine identische Anzahl von Anwendungen bilanziert werden. Deshalb werden in den nachfolgenden Darstellungen immer 80 Operationen als Berechnungsgrundlage gewählt. Dies bedeutet, von einem Einwegmantel müssen 80 Stück hergestellt werden. Dem gegenüber wird der Mehrwegmantel nur einmal produziert und anschließend 80 Mal gewaschen und sterilisiert. Als Verpackung dienen in beiden Fällen Einwegkunststoffbeutel und Hygiene-papier.

Um die Vergleichbarkeit zu erleichtern, werden die Produkte anhand einiger ausgewählter Parameter gegenübergestellt.

Abbildung 17 zeigt den Elektrizitätsverbrauch der verschiedenen Textilien über den Lebensweg.

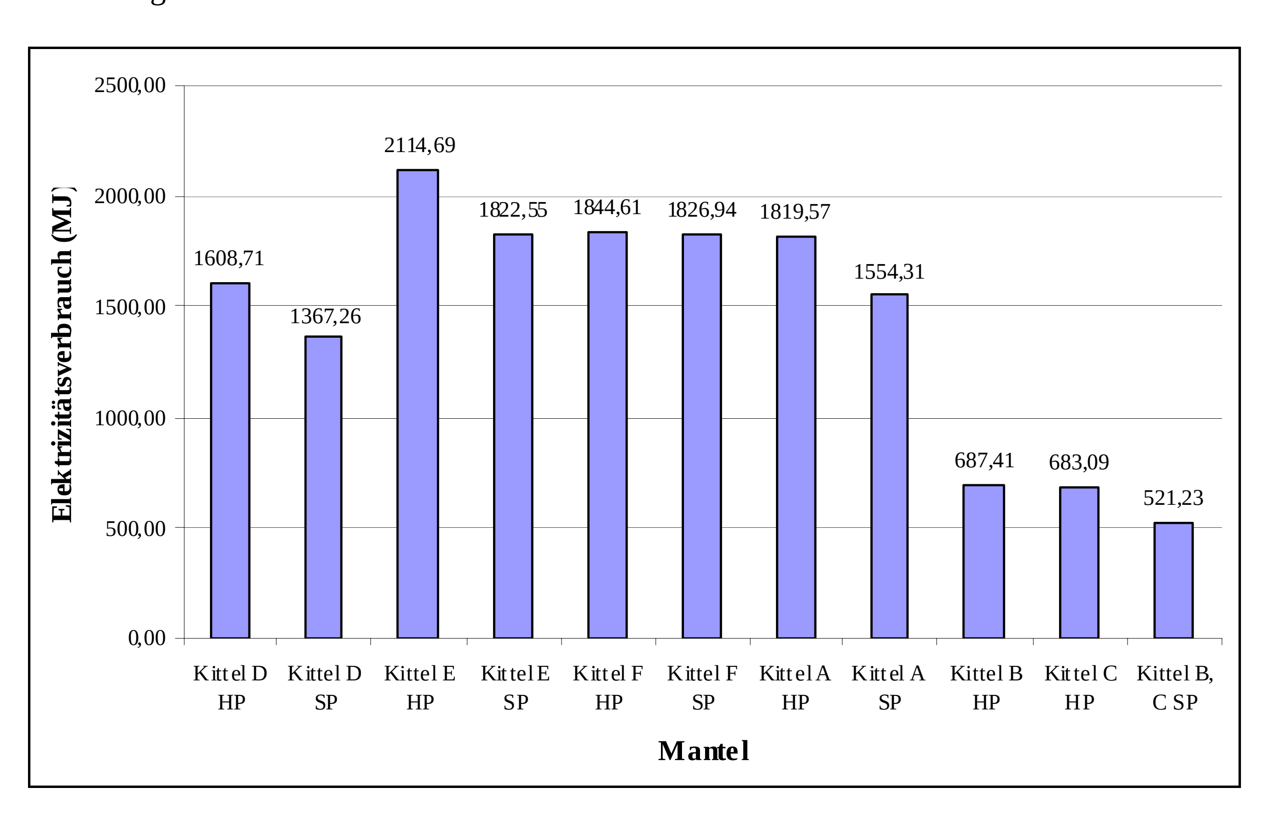


Abb. 17: Vergleich des Stromverbrauches

(Quelle: Eigene Darstellung)

Der Vergleich zeigt, dass die Mehrwegmäntel B und C einen cirka 57 Prozent geringeren Stromverbrauch besitzen als der günstigste vergleichbare Einwegmantel D. Dieser wiederum besitzt einen Vorteil gegenüber dem anderen Mehrwegmantel A. D benötigt cirka 12 Prozent weniger Strom als A. Mantel A hat einen etwa vergleichbaren Stromverbrauch wie der Kittel F. Auffällig bei Kittel F ist, dass hier nahezu keine Differenz zwischen High-Performance und Standard-Performance Mantel besteht. Bei allen anderen Mänteln beträgt die Differenz zwischen 15 und 24 Prozent.

Eine weitere Grafik (Abb. 18) zeigt den Vergleich der Stoffe anhand der beiden treibhausrelevanten Luftemissionen Kohlendioxid (CO2) und Methan (CH4).

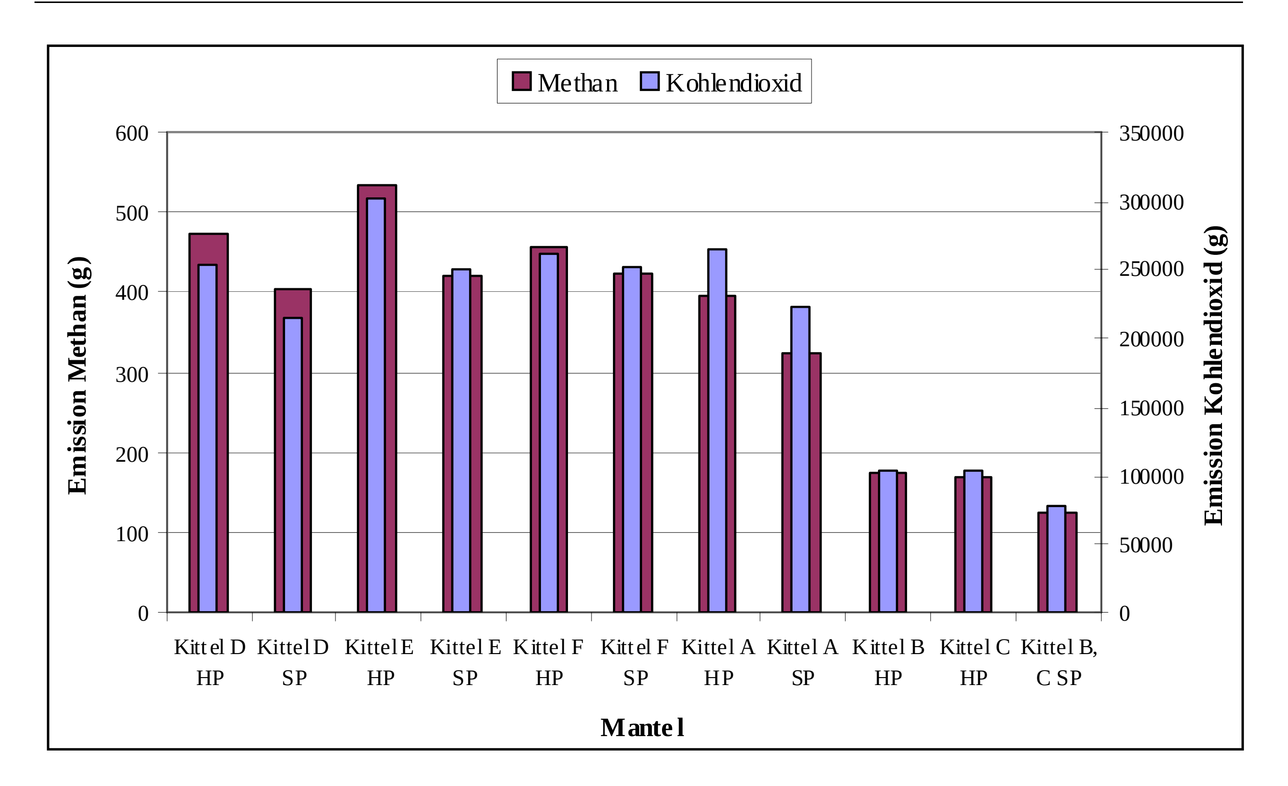


Abb. 18: Vergleich der Treibhausgasemissionen

(Quelle: Eigene Darstellung)

Der Vergleich der Treibhausgasemissionen zeigt ebenfalls einen klaren Vorteil für die Mäntel B und C, welche etwa gleich große Emissionen verursachen. Ihr CO2-Ausstoß liegt rund 60 Prozent unterhalb des vergleichbaren Mehrwegmantels A. Zudem lässt sich feststellen, dass die Einwegmäntel D und F mit dem Mehrwegmantel A in etwa gleich große Outputs an CO2-Emissionen besitzen. Wird nun noch der Methanausstoß betrachtet, so zeigt sich, dass alle Mehrwegmäntel einen geringeren Output dieses Treibhausgases verursachen. Der Einwegmantel D, welcher beim Elektrizitätsverbrauch einen niedrigeren Verbrauch verursacht als der Mehrwegmantel A, fällt in der Kategorie Luftemissionen hinter diesen und auch hinter den Einwegmantel F zurück. Erklärbar ist dieser Umstand durch die höheren Emissionen, die beim Thermobonding des PP-Vliesstoffes entstehen.

Abbildung 19 stellt in einer nächsten Grafik die Wasserverschmutzung anhand der drei Parameter AOX (absorbierbare organische Halogene), BSB5 (biochemischer Sauerstoffbedarf) und CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) dar. Die Summe der durch Aktivkohle absorbierbaren organischen Halogene wird durch den AOX ausgedrückt. Dazu zählen Brom-, Chlor- und Jodverbindungen.[170] Der BSB5 gibt die Menge Sauerstoff an, den Mikroorganismen innerhalb von fünf Tagen für den biologischen Abbau von organischen Stoffen benötigen. Der CSB-Wert hingegen gibt die Menge Sauerstoff an, die alle oxidierbaren Stoffe im Wasser für die Oxidation verbrauchen.[171]

Für die drei Parameter zeigen sich sehr unterschiedliche Ausprägungen. Für den Kennwert AOX ergibt sich, dass der Einwegmantel D die geringsten Emissionen verursacht. Kittel A weist die größten Austritte an Halogenen auf. Bei den beiden anderen Parametern stellt sich

[170] Vgl. ZIPPEL, F. (1999), S. 280.
[171] Vgl. ZIPPEL, F. (1999), S. 174.

ein ähnliches Bild ein wie bei den Luftemissionen. Auch hier verursachen die Mehrwegmäntel geringere Stoffaustritte als die Einwegmäntel. Mehrwegmantel A besitzt einen um rund 60 Prozent geringeren CSB-Wert als die Mäntel D und F. Die Kittel B und C liegen noch einmal rund 75 Prozent unterhalb des Mantels A.

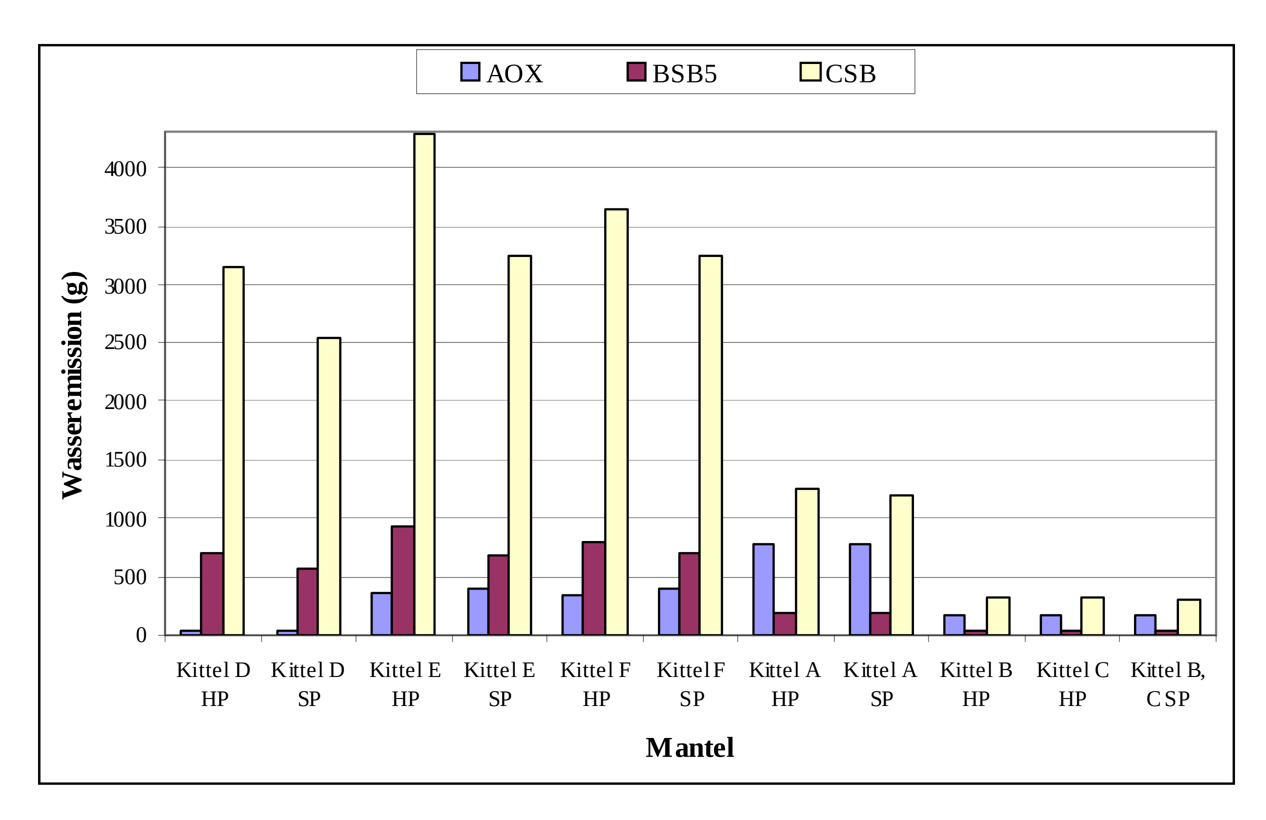


Abb. 19: Vergleich der Wasseremissionen

(Quelle: Eigene Darstellung)

Interessant ist ein Vergleich, wo die Emissionen innerhalb des Lebenszyklus entstehen. Daher werden in der folgenden Grafik der AOX und der BSB5-Wert für die einzelnen Module aufgezeigt. Beispielhaft werden durch den Autor die Kittel D HP und Kittel A HP als Vertreter der jeweiligen Gruppe ausgewählt. In Abbildung 20 ist ersichtlich, dass nur die Module Textilveredlung, Verpackung und Wäscherei einen entscheidenden Einfluss auf die Wasserverschmutzung haben. Die Emissionen in den anderen Lebenszyklusabschnitten liegen im Milli- oder Mikrogrammbereich und werden daher in der Abbildung nicht angezeigt. Beim Einwegtextil entsteht die größte Wasserbelastung in der Textilveredlung. Dies ist damit erklärbar, dass der Prozess im hier gewählten Beispiel 80-mal durchlaufen werden muss. Das Mehrwegtextil durchläuft die Veredlung nur einmal und wird in den anschließenden Zyklen jeweils gewaschen. Daher verschiebt sich der Ort des Outputs in das Modul Wäscherei. Die Summe zeigt aber, dass das Mehrwegtextil mit 102,6 g zu 610,3 g BSB5-Emission des Einwegtextils einen deutlich geringeren Anteil an Schadstoffen verursacht. Hinzu kommen die Stoffflüsse der Verpackungsherstellung. Die höheren Emissionen bei gleicher Zyklenzahl lassen sich beim Mehrwegtextil durch die schwerere Verpackung erklären. Die gesamte Verpackung wiegt beim Kittel A 210 g, während das Packmaterial des Einwegkittels D nur 45,7 g wiegt.[172]

---

[172] Vgl. GEBHARDT, A. (2004), Anlage 7.

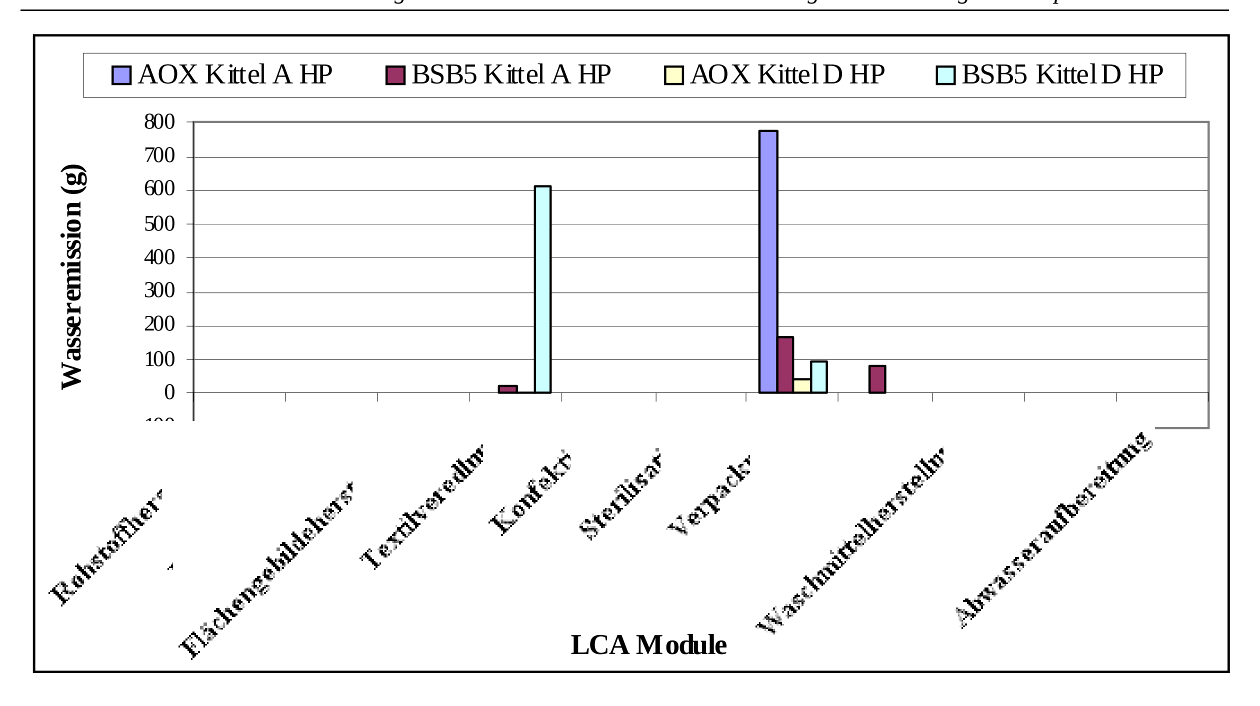


Abb. 20: Vergleich der Emissionen der einzelnen Module

(Quelle: Eigene Darstellung)

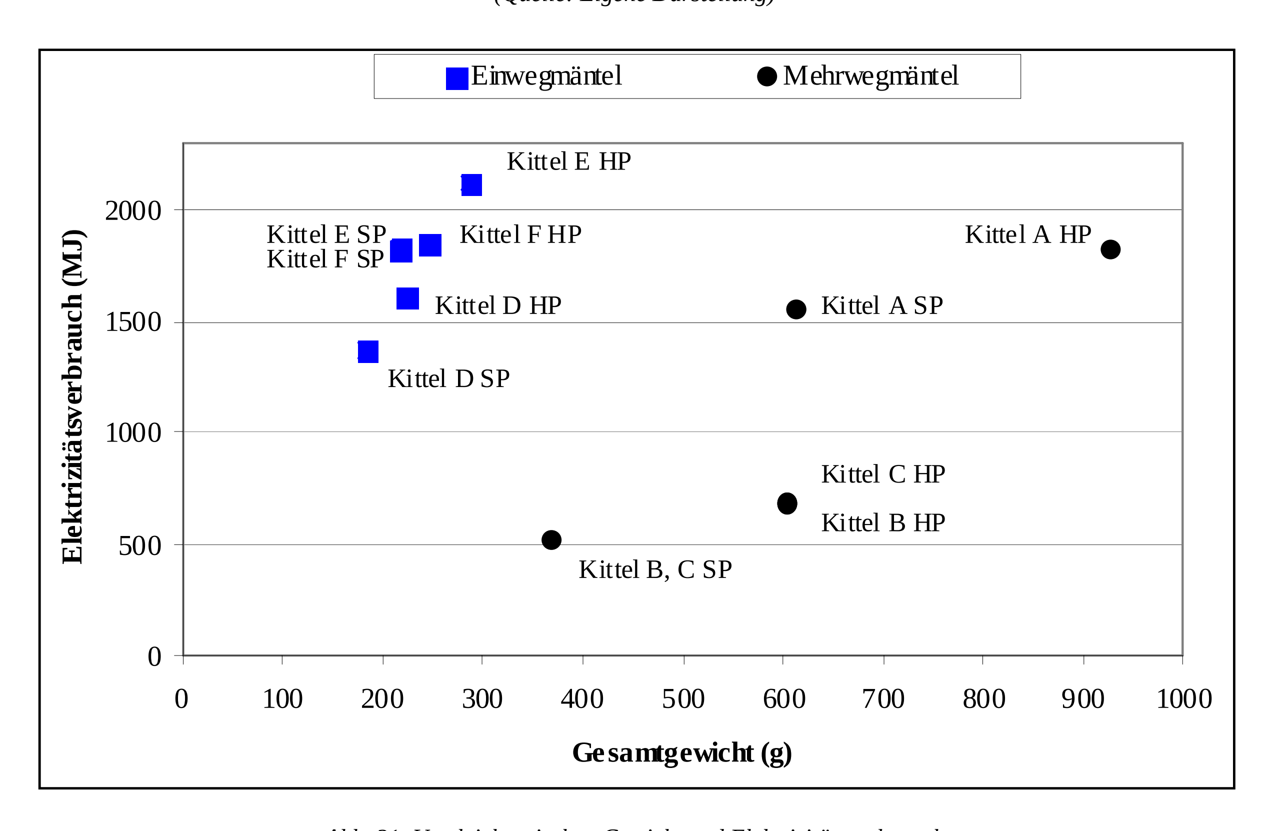


Abb. 21: Vergleich zwischen Gewicht und Elektrizitätsverbrauch

(Quelle: Eigene Darstellung)

Diese Annahme, dass das Gewicht ein Indikator für den Stoff- und Energiefluss ist, wird durch Abbildung 21 gestützt. Sie zeigt den Vergleich der OP-Textilien bezogen auf den Elektrizitätsverbrauch pro Gesamtgewicht des Mantels inklusive Verpackung. Auch hier ist ersichtlich, dass innerhalb der Gruppen Einweg bzw. Mehrwegtextil mit dem Gewicht auch die benötigte Energie und damit verbunden auch die verursachten Emissionen sinken. Es lässt sich ebenfalls erkennen, dass die Mehrwegmäntel trotz ihres höheren Gewichtes einen

niedrigeren Energieverbrauch besitzen. Grund dafür ist die Kreislaufführung mit der Wäscherei, in welcher weniger Energie verbraucht wird, als die Herstellung eines neuen Einwegmantels benötigt. Die Herstellung des günstigsten Einwegmantels D als High-Performance Model benötigt 12,96 MJ und damit 10,24 MJ mehr als die Reinigung des HP-Mantels B.

Als Zwischenfazit lässt sich festhalten, dass die Mehrwegmäntel weniger oder maximal gleich viele Stoffströme verursachen wie die Einwegmäntel. Die Standard-Performance Mäntel liegen unabhängig von der Stoffart rund 10 bis 20 Prozent unter den High-Performance Mänteln.

Ein letzter Vergleich zwischen den verschiedenen Mänteln befasst sich mit dem Wasserverbrauch. Hier lässt sich ein Vorteil für die Einwegmäntel vermuten, da diese nicht gewaschen werden müssen und damit der Wasserverbrauch geringer ist. Abbildung 22 zeigt den Wasserverbrauch der Textilien über den gesamten Lebensweg.

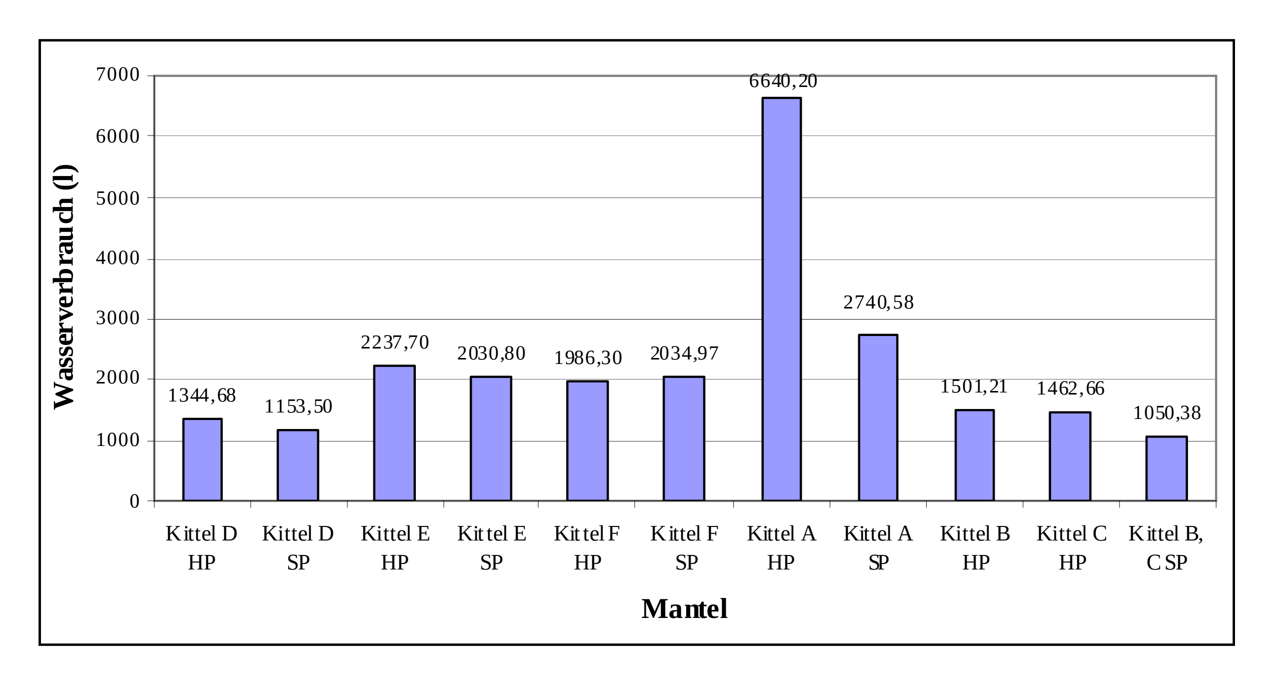


Abb. 22: Vergleich der Wasserverbräuche

(Quelle: Eigene Darstellung)

Es zeigt sich, dass der Einwegmantel D bei den HP-Mänteln, sowie die Mehrwegmäntel B, C bei den Standard-Performance Mänteln den geringsten Wasserverbrauch besitzen. Den nahezu sechsfachen Wasserverbrauch verursacht der Kittel A in der HP-Version. Dies kann dadurch begründet werden, dass die Modelle A einen Baumwollanteil besitzen und für die Herstellung von Baumwolle eine sehr große Menge Wasser benötigt wird. In der Prozesssachbilanz wird ein durchschnittlicher Wasserbedarf für die Erzeugung von einem Kilogramm Baumwolle von 13.800 Liter bilanziert. Alle baumwollfreien Mehrwegprodukte liegen auf vergleichbarem Niveau mit den Einwegprodukten.

Damit lässt sich als Fazit am Ende der Sachbilanz festhalten, dass die Mehrweg-OP-Mäntel B und C sowohl bei den SP, wie auch bei den HP-Ausführungen die geringsten Stoff- und Energieflüsse verursachen. Der andere bilanzierte Mehrwegmantel A liegt etwa gleich auf mit dem besten Einwegmantel D. Die größten Stoff- und Energieflüsse verursacht der Kittel E.

Eine hier anschließende Wirkungsabschätzung könnte nun zeigen, ob der Mantel mit den geringsten Flüssen auch die geringsten Umweltschädigungen verursacht. Dazu könnten die einzelnen dargestellten Emissionen einem Wirkungsindikator zugeordnet werden, und anschließend eine Bewertung der Umweltbeeinflussung erfolgen. Dies soll aber, wie schon in der Einleitung dargestellt, nicht Gegenstand dieser Arbeit sein. Im anschließenden Kapitel folgt die Auswertung der dargestellten Ergebnisse der Sachbilanz.

7.4 Beurteilung der Sachbilanz

Die Beurteilung der erstellten Sachbilanz dient als Basis für die späteren Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Entscheidungshilfen. Die Auswertung unterteilt sich in die vier Phasen: Identifizierung von signifikanten Parametern, Prüfung auf Vollständigkeit, Untersuchung der Sensitivität der Ergebnisse und Prüfung der Konsistenz der Ergebnisse.

7.4.1 Identifizierung der signifikanten Parameter

Die signifikanten Parameter sind Werte, welche einen herausragenden Einfluss auf die Sachbilanz haben bzw. diese besonders gut abbilden. In Kapitel 7.3 wurden bereits einige Faktoren gezeigt, welche signifikant für die Sachbilanz sind.

Ein erster Parameter für die Sachbilanz ist der Elektrizitätsverbrauch über den Lebenszyklus. Wie die Abbildungen 17 und 18[173] zeigen, verhalten sich die Luftemissionen sehr ähnlich zum Elektrizitätsverbrauch der Mäntel. Eine Reduzierung des Stromverbrauchs bedeutet auch eine Verminderung der Emissionen in die Atmosphäre. Auch bezüglich der Wasseremissionen gibt es Übereinstimmungen. Während sich der CSB-Wert und BSB5-Wert vergleichbar dem Elektrizitätsverbrauch entwickeln, zeigt der AOX einen anderen Ausschlag. Der Wert mit dem höchsten Energiebedarf hat hier nicht auch den höchsten AOX-Wert. Trotzdem schätzt der Autor den Elektrizitätsverbrauch für die Luftemissionen als guten, für die Wasseremissionen als bedingt guten Signifikanzparameter ein.

Werden die einzelnen Module betrachtet, so zeigen sich die Textilveredlung, die Verpackung und bei den Mehrwegtextilien die Wäscherei als die bedeutendsten Lebensabschnitte. Abbildung 20 hat dies an zwei Beispielen verdeutlicht. Sie können daher als herausragende Stufen innerhalb des Lebensweges bezeichnet werden.

Der Parameter, welcher am schnellsten zu analysieren ist, ist das Gewicht der Mäntel und der Verpackung. Innerhalb der beiden Gruppen Einweg- und Mehrwegmäntel kann formuliert werden: ´Je leichter ein Mantel, desto weniger Stoff- und Energieflüsse verursacht er`. Diese Aussage gilt jedoch nicht beim Vergleich zwischen Mehrweg- und Einwegprodukten.

7.4.2 Prüfung auf Vollständigkeit

Zweck der Vollständigkeitsprüfung ist es festzustellen, ob alle relevanten Daten für die Erfüllung des Sachbilanzziels einbezogen wurden.[174] Das Sachbilanzziel ist die Erstellung einer Übersicht über die Stoff- und Energieflüsse während des gesamten Lebensweges von

[173] Vgl. Seite 51 f.
[174] Vgl. NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2000), S. 8.

Operationstextilien.[175] Ausgeklammert sind alle Transportprozesse zwischen den einzelnen Lebensstufen.

In Kapitel 7.1.2 wurde bereits auf die Qualität der verwendeten Daten eingegangen. Wie dort bereits dargestellt, kann in bestimmten Modulen die Datenzusammensetzung nicht nachvollzogen werden. Eine Prüfung auf Vollständigkeit ist dadurch ebenfalls erschwert. Mit einer großen Unsicherheit behaftet sind die Module der Textilveredlung und der Waschmittelvorkette. Bei der Textilveredlung wird durch den Autor angenommen, dass die Appretur und insbesondere die Wasserdichtausrüstung nicht ausreichend berücksichtigt sind. Da dies alle Mäntel betrifft, wird diese Schwäche der Sachbilanz etwas ausgeglichen. Bei der Wäscherei tritt das Problem auf, dass keine spezielle Waschmittelzusammensetzung für die Wäsche von OP-Textilien bilanziert werden konnte. Das verwendete Vergleichswaschmittel liefert in der Sachbilanz nur einen Anhaltspunkt für die wahren Emissionswerte. Diese Unsicherheiten der Bilanz wiegen umso schwerer, da es sich bei den Modulen um signifikante Parameter des Lebensweges handelt.

In allen anderen Modulen kann von einer annähernden Vollständigkeit der Sachbilanz ausgegangen werden. Es gilt jedoch auch hier die teilweise sehr unterschiedliche Datenqualität zu beachten.

7.4.3 Sensitivitätsanalyse

Im folgenden Abschnitt wird dargestellt, welche Faktoren das Ergebnis der Sachbilanz beeinflussen und wie sich die Bilanz daraufhin verändert. Diese Faktoren können einzelne Produktparameter oder Prozessabläufe betreffen. Sie ermöglichen eine Aussage über die Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

7.4.3.1 Auswirkungen der Veränderung der Waschzyklen

Erster Anhaltspunkt ist die Anzahl der Waschzyklen, welche die Mehrwegtextilien durchlaufen. In den bisherigen Darstellungen wurden vom Autor 80 Waschdurchläufe zugrunde gelegt. Dieser Wert beruht auf einen Gespräch mit Frau Pietsch vom Institut für Textil- und Bekleidungstechnik der Technischen Universität Dresden. LAURSEN, S. E. u. a. (2006) geben in ihrer Ökobilanz eine mögliche Durchlaufzahl von 100 Wäschen an, dies allerdings bilanziert für eine Arbeitsjacke aus ebenfalls 65 Prozent Polyester.[176] Denkbar ist aus Sicht des Autors auch eine Verkürzung der Lebenszeit auf nur 60 Waschzyklen. Begründet kann dies durch eine unsachgemäße Handhabung oder durch einen höheren Verschleiß der Mehrweg-OP-Mantel sein. Abbildung 23 stellt den Energieverbrauch bei verschiedenen Waschzyklen dar.

Anhand jener Grafik lässt sich erkennen, dass der Stromverbrauch bei den Einwegprodukten mit Zunahme der Anzahl der Wäschen stärker wächst als bei den Mehrwegmänteln B und C. Die Herstellung eines Einwegmantels benötigt zwischen 17,1 MJ (Kittel D SP) und 26,7 MJ (Kittel E HP). Im Vergleich dazu werden für die Produktion eines B HP-Mantels 54,2 MJ und für einen Mantel A HP 105,9 MJ eingesetzt. Der Vorteil der Mehrwegmäntel ergibt sich aus dem Waschen. Die Wäscherei verbraucht für das Waschen, Sterilisieren und Verpacken,

[175] Vgl. Kapitel 3 Vorgehensweise und Systemdefinition
[176] Vgl. LAURSEN, S. E. u. a. (2006), S. 148.

inklusive der Waschmittelherstellung und Abwasserreinigung 21,9 MJ für den Kittel A HP und 8,0 MJ für den Kittel B HP. Dies bedeutet, pro Waschgang ergibt sich bei Kittel B im Vergleich zu den Einwegprodukten eine Stromeinsparung von 9,1 bis 18,7 MJ. Wird der Wert für die Lebensdauer hochgerechnet, ergibt sich ein Break-Even-Point bei etwa sechs Waschzyklen, ab dem der Mantel B HP einen Vorteil gegenüber den Einwegmänteln bietet.

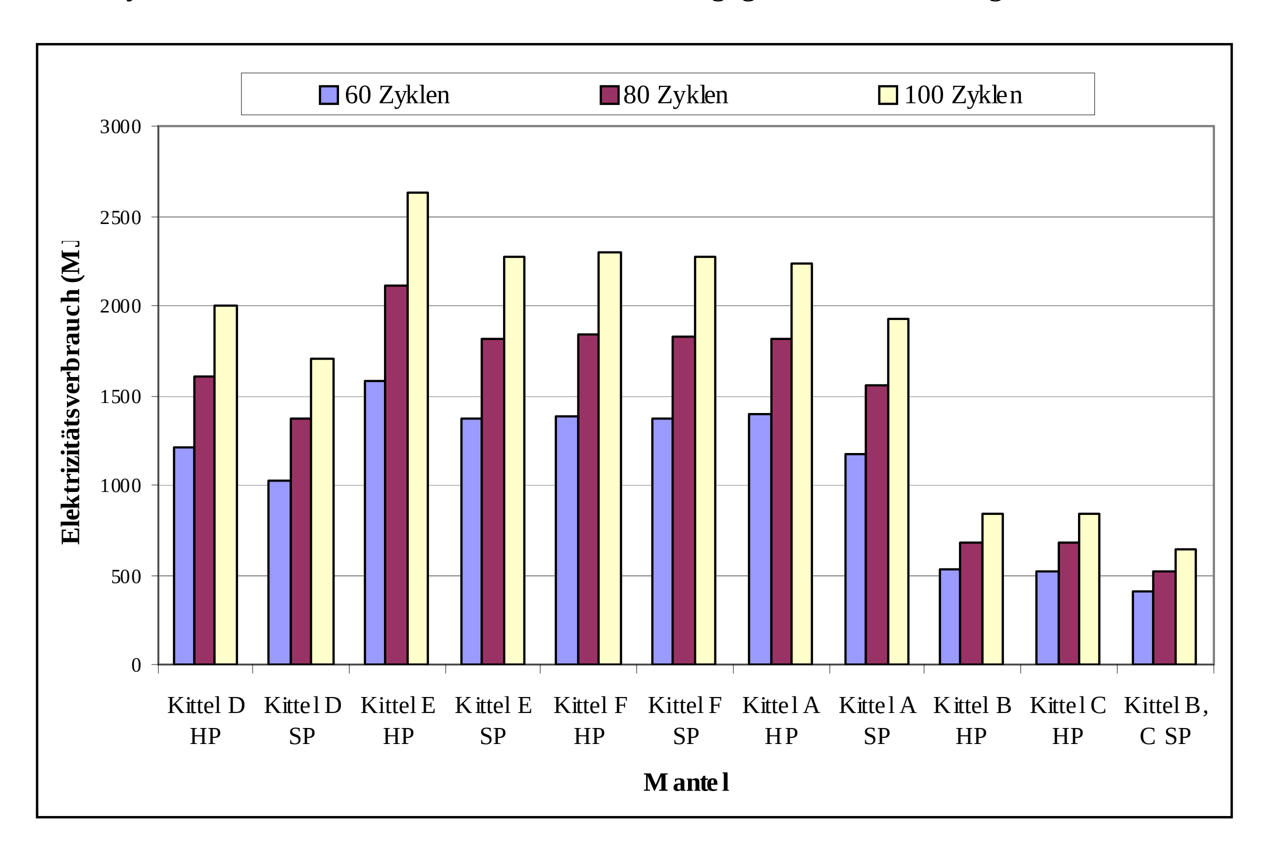


Abb. 23: Elektrizitätsverbrauch bei unterschiedlicher Waschhäufigkeit

(Quelle: Eigene Darstellung)

Anders verhält es sich beim Mantel A HP. Dieser verursacht abhängig vom Vergleichsobjekt einen höheren oder niedrigeren Elektrizitätsverbrauch durch das Waschen. Hauptenergieverbraucher ist in dessen Waschbilanz die Verpackung, welche mit 15,5 MJ zu Buche schlägt. Beim Mehrwegmantel B sind es nur 3,5 MJ. Diese Differenz in den Energieverbräuchen spiegelt sich in den unterschiedlichen Gewichtsangaben für die Verpackungen wieder. Die Verpackung von Mantel A setzt sich aus einem PE- und einem Papier-Anteil zusammen und wiegt insgesamt 210 g.[177] Die Verpackung für Kittel B hat dieselben Verpackungsstoffe, wiegt aber nur 58 g.[178] Mit der Differenz von 152 g lassen sich die unterschiedlichen Energieverbräuche erklären. Wird nun die Annahme getroffen, Mantel A kann in einer vergleichbaren Verpackung wie B verpackt werden, so ergibt sich hier eine Energieeinsparung durch das Waschen von 7,2 bis 16,8 MJ je nach Einwegmantel. Der Break-Even-Point liegt dann spätestens bei 15 Waschgängen.

[177] Vgl. GEBHARDT, A. (2004), Anlage 7.
[178] Vgl. SCHMIDT, D. (2000), S. 12.

Als Fazit kann daher festgehalten werden, dass eine Steigerung der Waschumläufe in der Nutzungsphase immer einen Vorteil für die Mehrwegprodukte bringt. Voraussetzung ist jedoch eine günstige Wahl der Verpackung.

7.4.3.2 Veränderung der Verpackung in der Nutzungsphase

Die Verpackung hat einen Einfluss auf die Sachbilanz der OP-Textilien, wie das Beispiel im vorhergehenden Kapitel zeigt. Im Kapitel der theoretischen Sachbilanz wird auf die Möglichkeit des Einsatzes einer Sterilisationsbox bei den Mehrweg-OP-Textilien hingewiesen. Vorteil der Boxen ist es, dass sie wiederverwendet werden können und die Einmalverpackungen im Waschzyklus entfallen. Abbildung 24 zeigt den Elektrizitätsverbrauch bei 80 Waschumläufen und Verwendung einer Sterilisationsbox.

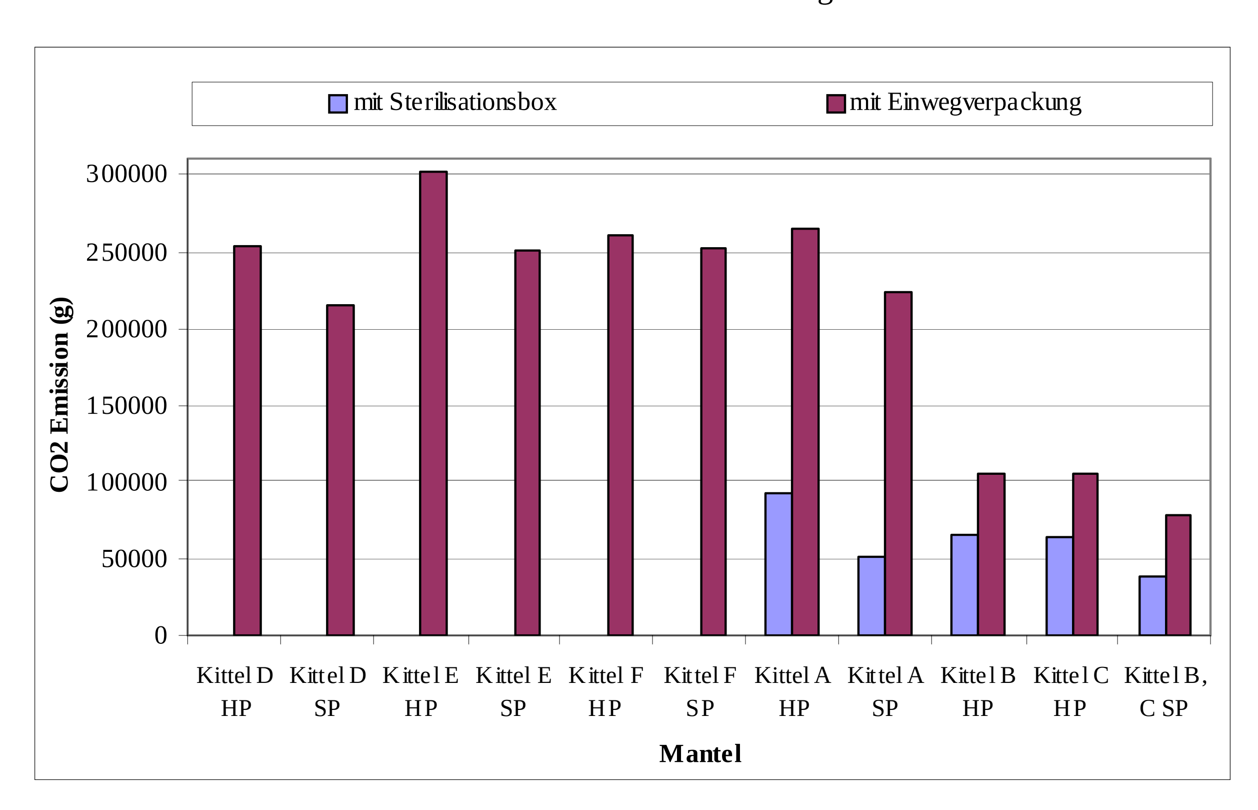


Abb. 24: Vergleich zwischen Einwegverpackung und Sterilisationsbox

(Quelle: Eigene Darstellung)

Aus der Abbildung lässt sich erkennen, dass der Energieverbrauch der Mehrwegmäntel um bis zu 65 Prozent im Vergleich zur Einwegverpackung zurückgeht. Der starke Rückgang bei den Mänteln A ist, wie schon im vorangegangenen Kapitel beschrieben, durch die besonders schwere Verpackung begründet. Aber auch bei den anderen Mehrwegmänteln stellt sich eine Reduzierung der Energieverbräuche um circa 30 Prozent ein. Abbildung 25 zeigt, wie sich die Veränderung der Verpackung auf die Luftemissionen am Beispiel des Kohlenstoffdioxids auswirkt. Das Ergebnis zeigt, dass der Ausstoß an Treibhausgas in etwa dem gleichen Verhältnis sinkt, wie dies beim Energieverbrauch der Fall ist.

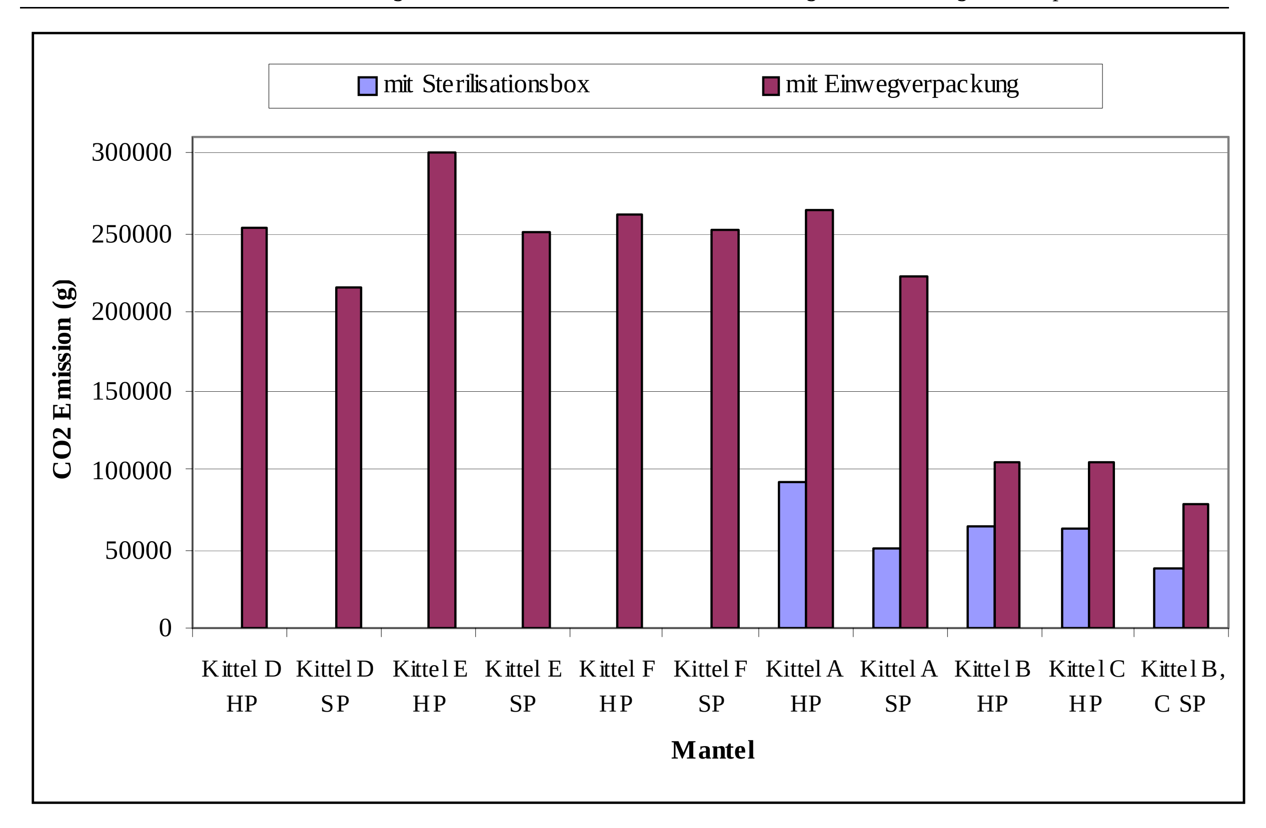


Abb. 25: CO2 Emissionen durch die Verwendung einer Sterilisationsbox

(Quelle: Eigene Darstellung)

Als Schlussfolgerung kann vergegenwärtigt werden, dass die Verwendung einer Sterilisationsbox bei den Mehrwegtextilien zu einer Reduzierung der Energieflüsse und damit verbunden zu einer Reduzierung der Emissionen führt. Die Höhe der Reduktion ist abhängig vom vorher eingesetzten Verpackungssystem. In jedem Fall liegen die Mehrwegtextilien bei einer 80-fachen Wäsche um rund 60 Prozent unterhalb des Gesamtverbrauchs der vergleichbaren Anzahl von Einwegmäntel.

7.4.3.3 Veränderung der Baumwollherstellung

Der Wasserverbrauch über den Lebensweg von Mantel A ist, wie in Abbildung 22 bereits dargestellt, sehr hoch. Eine der Ursachen dafür kann der hohe Wasserverbrauch innerhalb der Baumwollproduktion sein. Daher soll die nachfolgende Darstellung zeigen, wie sich die Anbaumethoden in verschiedenen Regionen der Welt auf die Sachbilanz des Polyester-Baumwoll-Mantels auswirken.

Zu beachten ist, dass wie schon in der Systemabgrenzung beschrieben, hier keine Transportaufwendungen bilanziert werden. Der Transport zum Faserhersteller kann auf verschiedenen Wegen und über unterschiedliche Entfernungen erfolgen. Diese Parameter können die Bilanz verändern.

Dargestellt sind in Abbildung 26 fünf verschiedene Produktionsländer mit den Auswirkungen auf den Wasserverbrauch des Mantels A HP über den gesamten Lebensweg. Zusätzlich ist der Durchschnitt aller recherchierten Angaben dargestellt. Hier sind auch Quellen eingeflossen, die keine Aussage zum bilanzierten Land aufweisen. Als Vergleich ist zusätzlich der Wasserverbrauch vom Kittel B High-Performance angegeben.

Es ist ersichtlich, dass der Wasserverbrauch um rund 6.300 Liter variiert. Dies entspricht einer Verbrauchsreduzierung zwischen Sudan und Peru von 58 Prozent. Trotzdem verursacht der Mantel A HP 3.000 Liter mehr Wasserverbrauch als der Vergleichsmantel B HP. Das Beispiel veranschaulicht nach Ansicht des Autors, wie sehr unterschiedliche Produktionsverfahren und Produktionsbedingungen das Ergebnis einer Sachbilanz beeinflussen können.

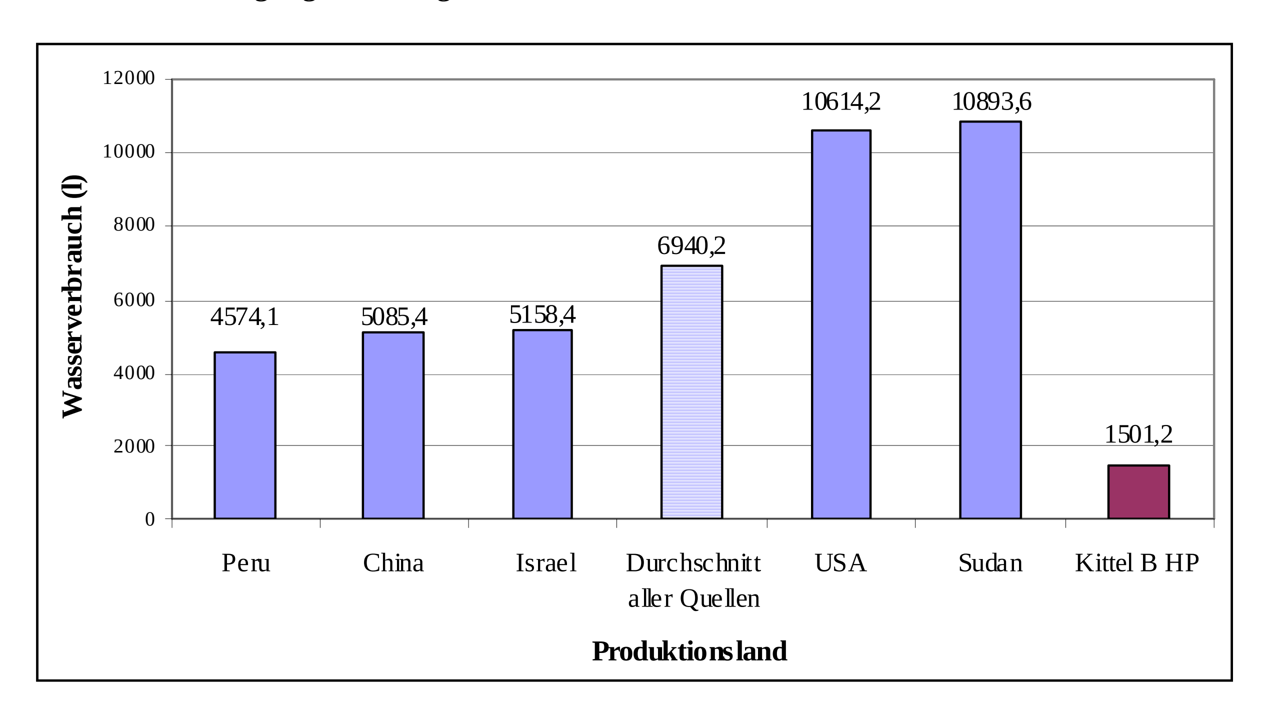


Abb. 26: Auswirkungen der Baumwollproduktion in verschiedenen Ländern

(Quelle: Eigene Darstellung)

7.4.4 Prüfung der Konsistenz der Sachbilanzanalyse

Ziel der Konsistenzprüfung ist die Bestimmung, ob sich getroffene Annahmen, Methoden und Daten in Übereinstimmung mit den Zielen und dem Untersuchungsrahmen der Studie befinden.[179] Die Konsistenzanalyse für diese Studie zeigt eine mit Einschränkungen versehende Einheitlichkeit. Teilweise wird die Vergleichbarkeit durch den Black-Box-Charakter einiger Quellen erschwert. Die Art der Quellen und die betrachteten Zeiträume, sowie die geografischen Regionen sind dem Sachbilanzziel entsprechend, in einer genügenden Einheitlichkeit dargestellt. Eine Übersicht über die einzelnen Bewertungen zur Konsistenz ist in Anhang 4 in der Tabelle, Abbildung 99, gegeben.

7.5 Fazit der Sachbilanzanalyse

Den Abschluss der Sachbilanz bildet die Formulierung der Schlussfolgerungen und Empfehlungen aus dieser. Ergebnis der Sachbilanz für den Autor ist, dass die Bilanz einen groben Richtungshinweis für die durch die verschiedenen OP-Textilien verursachten Stoff- und Energieflüsse ist. Als grob wird sie durch den Autoren deshalb eingeschätzt, weil die schon mehrfach beschriebene, teilweise schlechte Datenqualität in der Literatur eine genaue Untersuchung des Lebensweges nicht zulässt. Es ist nur bedingt möglich, eine Ökobilanz für ein T-Shirt oder eine Arbeitsjacke auf ein OP-Textil zu übertragen. Zusätzlich wird die Bilanzierung durch die zum Teil verdeckt bewerteten Module erschwert. Wird ein Modul nur

[179] Vgl. NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2000), S. 9.

mit den Outputwerten dargestellt, ohne die Angabe der enthaltenen Verarbeitungsverfahren, so lassen sich aus dieser Quelle keine aussagekräftigen Ergebnisse ziehen. Daher ist die Empfehlung des Autors, eine fallbezogene Untersuchung in Zusammenarbeit mit Partnern in den einzelnen Modulen durchzuführen. Nur so lassen sich die einzelnen Stoffflüsse verlässlich ermitteln und entsprechend der speziellen Anforderungen eines OP-Textils darstellen. Die Übertragung von in der Literatur verfügbaren Daten auf die Sachbilanz oder eine später folgende Ökobilanz ist aus Sicht des Autors nur in ausgewählten Modulen und bei bestimmten Stoffen sinnvoll. Denkbar ist dies für die Herstellung der Rohstoffe unter Beachtung der fallbezogenen Prozesskette. Das Beispiel Erzeugung von Baumwolle hat gezeigt, dass nur die Kenntnis des Herkunftslandes die Übernahme des richtigen Wertes aus der Literatur ermöglicht.

Als Ergebnis für die Beurteilung der Umweltauswirkungen der untersuchten OP-Textilien kann festgestellt werden, dass die Mehrwegtextilien die geringeren Stoff- und Energieflüsse verursachen. Speziell die Mäntel B und C haben sich hier als besonders umweltfreundlich gezeigt. Die Analyse hat weiterhin verdeutlicht, dass die Wahl der richtigen Verpackung die Sachbilanz positiv beeinflussen kann. Aufgrund der Zahlenwerte ist eine Mehrwegverpackung in einer Sterilisationsbox zu empfehlen. Die Untersuchung der Entstehungsorte der Stoffflüsse hat veranschaulicht, dass die Textilveredlung und die Wäscherei einen großen Einfluss besitzen. Aus Sicht des Autors empfehlen sich daher, speziell in diesen Lebensabschnitten, technische Weiterentwicklungen, da hier die größten Einsparpotentiale bestehen.

In wieweit die schlechte Datenlage die Aussagekraft der Sachbilanz eingeschränkt hat, soll im nachfolgenden Kapitel mittels eines Vergleichs zu bestehenden Ökobilanzen von OP-Textilien untersucht werden.

8 Vergleich der Sachbilanz mit bestehenden Analysen

Die Ergebnisse der erstellten Sachbilanz werden im Folgenden mit bestehenden Sach- und Ökobilanzen für OP-Textilien verglichen. Als Ziel dieses Vergleichs soll am Ende eine Aussage über die Einheitlichkeit der bestehenden und der hier erarbeiteten Bilanz gemacht werden. Ebenfalls untersucht wird, ob die Studien durch die Wahl der Systemgrenzen vergleichbar sind und ob sie dieselben Tendenzen zeigen.

8.1 Grundlagen des Sachbilanzvergleich

Grundlage der Analyse sind die bestehenden Ökobilanzen für OP-Textilien. Abbildung 27 gibt einen Überblick über die verfügbaren Bilanzen. Es ist zu erkennen, dass das Thema in den vergangenen Jahren noch nicht sehr stark bearbeitet wurde. Daher werden für diesen Vergleich auch zehn Jahre und ältere Studien herangezogen. Die Analyse von GUPFINGER, H.; PLADERER, H (2000)[180] wird in diesem Kapitel nicht weiter betrachtet, da sie auf der Studie von SCHMIDT, A. (2000) basiert. Ebenfalls ausgeschlossen aus diesem Vergleich werden die Baumwollabdeckungen, welche in den Veröffentlichung von DETTENKOFER, M. u.a. (1999)[181] sowie SCHORB, A. (1990)[182] dargestellt sind. Grund dafür ist, dass Baumwollabdeckungen nicht mehr die hygienischen Anforderungen der heutigen Medizin erfüllen. Zusätzlich muss durch den Autor die Bilanzierungstiefe eingeschränkt werden. Da in den Quellen eine unterschiedliche Datenqualität vorhanden ist, ist es nicht möglich jedes Modul des Produktweges einzeln zu betrachten und zu vergleichen. Der Autor wird deswegen den Vergleich nur auf der Ebene des gesamten Lebenszyklus durchführen. Zusätzlich erschwert wird der Vergleich durch die unterschiedlichen funktionellen Einheiten innerhalb der Bilanzen. Zum einen werden unterschiedliche Produkte bilanziert, die nur bedingt ineinander umrechenbar sind und zum anderen sind in den Untersuchungen unterschiedliche Systemgrenzen gewählt. Überwiegend werden die Produkte inklusive der Verpackung und der Transportwege dargestellt. Nicht enthalten sind diese Prozesse bei BRUNE, D. (1988) und SCHORB, A. (1990).

Der Vergleich erfolgt anhand der unterschiedlichen OP-Mäntel. Dazu sind die Ergebnisse der verschiedenen Studien jeweils in einer Tabelle pro Kitteltyp zusammengefasst. Die Tabellen sind in Anhang 5 ersichtlich. Nachfolgend sollen die Ergebnisse des Vergleichs dargestellt werden. Von einer statistischen Auswertung hat der Autor abgesehen, da die gegebene Grundgesamtheit der Stichprobenwerte zu klein für eine aussagekräftige Analyse ist. Die Textilien, die in ihren Studien als OP-Abdeckung bzw. OP-Set bilanziert wurden, sind durch den Autoren in einen entsprechenden OP-Mantel umgerechnet worden. Die Umrechnung erfolgt mittels der Gewichtsangaben für die Abdeckung und das Gewicht des entsprechenden Mantels. Als Quelle für die Kittelgewichte dient die Darstellung von SCHMIDT, A. (2000).[183]

---

[180] Vgl. GUPFINGER, H.; PLADERER, H (2000), S. 60 ff.

[181] Vgl. DETTENKOFER, M. u. a. (1999), S. 485ff. Ergebnisse sind identisch mit: GRIEßHAMMER, R.; REINHART, I. (2000), S. 1 ff.

[182] Vgl. SCHORB, A. (1990), S. 101 ff.

[183] Vgl. SCHMIDT, A. (2000), S. 12.

Autor	Jahr	Funktionelle Einheit	Bilanzierte Textilstoffe	
			MW	**EW**
Jäger, W. R.	1996	OP-Set 1 Umlauf	Laminat incl. Verpackung	Zellstoff/PE incl. Verpackung
Brune, D.	1988	1 kg	Mischgewebe aus Baumwoll/Polyester	beschichtetes Zellstoff/CTMP-Vlies
			Gore-Tex (Polyester/PTFE Laminat)	
Schorb, A.	1990	1 Norm-operation	Baumwollgewebe incl. Verpackung	beschichtetes Zellstoff/PE-Vlies
				mehrlagiges Zellstoff-Vlies verklebt mit PE-Folie
Schmidt, A.	2000	1 Kittel	Mischgewebe aus Baumwoll/Polyester incl. Verpackung	Zellstoff/Polyester-Vlies incl. Verpackung
			Polyestergewebe incl. Verpackung	Zellstoff/Polyester-Vlies verklebt mit PE Folie incl. Verpackung
			Gore-Tex (Polyester/PTFE (PU) Laminat	
Dettenkofer, M. sowie Grießhammer, R. (Öko-Institut)	1999	1 Norm-operation	Baumwollmisch-abdeckung incl. Verpackung	Zellstoff/PE-Vlies incl. Verpackung
Gupfinger, H. (Zusammen-fassung der Schmidt, A. - Studie)	2000	1 Kittel	Baumwoll/Polyester Mischgewebe	beschichtetes Zellstoff/Polyester-Vlies
			Polyestergewebe incl. Verpackung	Zellstoff/Polyester-Vlies verklebt mit PE Folie
			Polyester/PU-Laminat	
Eriksson, E.	2003	1 Kittel	Gore-Tex (Polyester/PTFE-Laminat)	Zellstoff/Polyester-Vlies verklebt mit PE-Folie

Abb. 27: Übersicht bestehender Ökobilanzstudien für OP-Textilien

(Quelle: Eigene Darstellung)

8.2 Vergleich der Mehrwegprodukte

Seitens der Mehrweg-OP-Textilien sind für drei Mäntel Vergleichsstudien verfügbar. Dies sind der Mantel C HP mit vier Vergleichstudien, der Mantel A HP mit zwei Studien und der Mantel B, C SP mit einer vergleichbaren Untersuchung.

8.2.1 Vergleich der Polyester/ PTFE-Laminate

Mantel C HP ist aus einem Polyester/ PTFE-Laminat gefertigt. Die vier Studien, die sich mit diesem OP-Mantelstoff befassen, zeigen eine sehr unterschiedliche Datenqualität. Die Ökobilanz von ERIKSSON, E.; BERG, H. (2003) ist für einen aussagekräftigen Vergleich nicht verwendbar, da in ihr nur Wirkungsindikatoren wie CO2-, SO2- und NOx-Äquivalent dargestellt werden.[184] Der Weg, wie die Daten ermittelt wurden, ist nicht ersichtlich. Bei den drei anderen Studien handelt es sich zweimal um die Ökobilanz für ein OP-Abdecktuch und einmal um die Ökobilanz für einen OP-Mantel. Abbildung 28 zeigt einen Vergleich der Ergebnisse der Bilanzen.

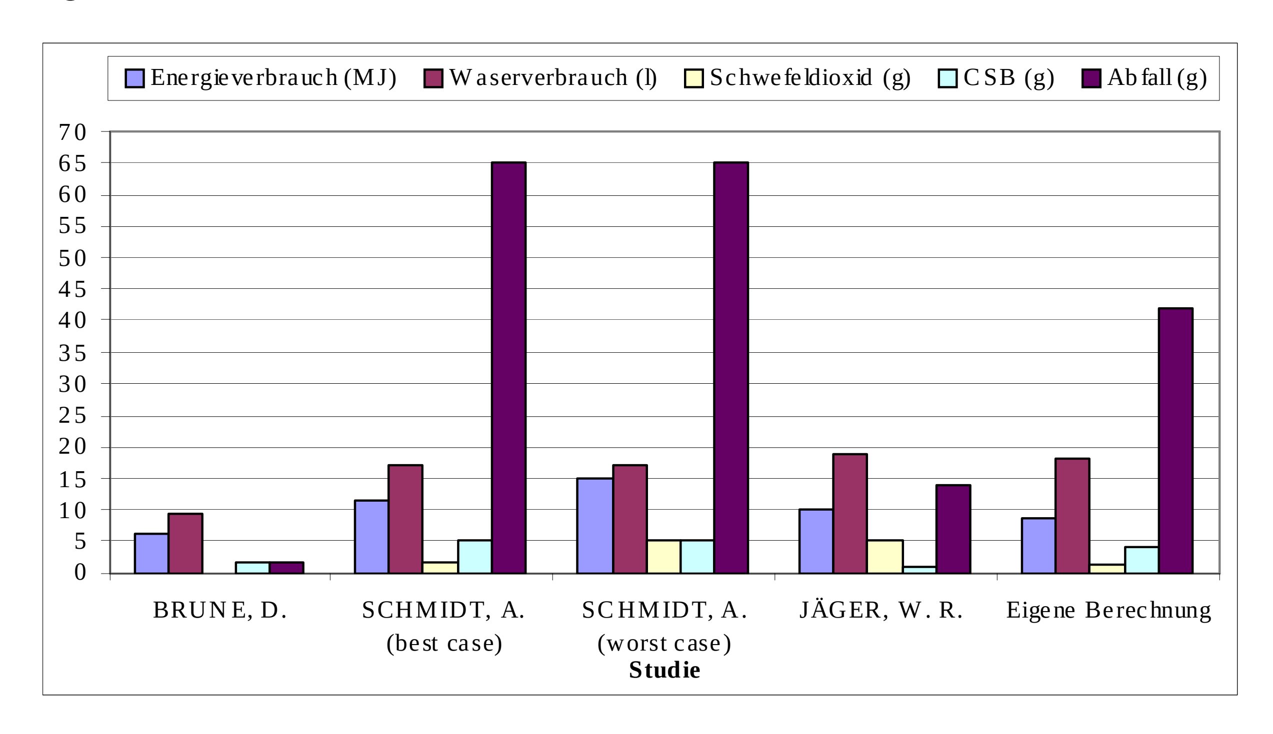


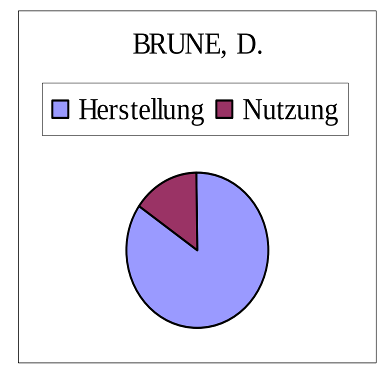
Abb. 28: Vergleich der Polyester/PTFE-Laminate

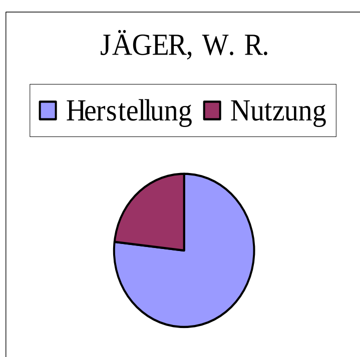
(Quelle: Eigene Darstellung)

Es ist in der Darstellung zu erkennen, dass die Studien relativ einheitliche Ergebnisse ermittelt haben. Einzig bei den Kennzahlen für den produzierten Abfall unterscheiden sich die Bilanzergebnisse deutlich. Aus der Ökobilanz von SCHMIDT, A. (2000) werden zwei Ergebnisse angegeben. Die Variante „worst case" bilanziert den Stoff- und Energiefluss ohne Verwertung der inhärenten Energie der Mäntel, während die Variante „best case" die Möglichkeit der Energierückgewinnung mit in die Betrachtung einbezieht.[185] Der CSB-Wert, als Parameter für die Wasserverschmutzung, scheint in der Studie von JÄGER, W. R. (1996) etwas zu niedrig angesetzt. Über alle Kennwerte hinweg lässt sich feststellen, dass die Ergebnisse von BRUNE, D. (1988) niedrigere Stoff- und Energieflüsse zeigen, als in den anderen Bilanzen. Dies kann damit erklärt werden, dass BRUNE, D. (1988) keine Transporte und keine Verpackungen bilanziert.[186] Der Vergleich zeigt weiter, dass die hier erstellte Bilanz einen etwas niedrigeren Energiebedarf errechnet hat. Es sei aber noch einmal daran erinnert, dass in der vorliegenden Sachbilanz keine Betrachtung der Transportwege vorgenommen ist.

[184] Vgl. ERIKSSON, E.; BERG, H. (2003), S. 31 ff.
[185] Vgl. SCHMIDT, A. (2000), S. 27.
[186] Vgl. BRUNE, D. (1988), S. 50.

Daher liegen die realen Werte, wie auch bei BRUNE, D. (1988), speziell beim Energieverbrauch höher. Ein Vergleich der Datenherkunft zeigt, dass teilweise dieselben Quellen für die Analyse herangezogen wurden. So ermittelt SCHMIDT, A. (2000) beispielsweise die Waschmittelverbräuche anhand derselben Studien von EBERLE, U.; GRIEßHAMMER, R. (2000)[187] und DALL`ACQUA, S. u. a. (1999) wie der Verfasser dieser Studie.[188] Ein detaillierter Vergleich über die einzelnen Module des Lebensweges hinweg, könnte eine Auskunft über die Gründe für die unterschiedlichen Ergebnisse geben. Dies ist aber aufgrund der Datenlage nicht möglich. Die Studien von BRUNE, D. (1988) und JÄGER, W. R. (1996) erlauben einen Vergleich in den einzelnen Lebensphasen. In Abbildung 29 ist die Entstehung der CSB-Belastung des Wassers bezogen auf einen Umlauf gezeigt. Es ist zu erkennen, dass hier sehr unterschiedliche Verhältnisse ermittelt wurden. Bei den Analysen von BRUNE, D. (1988) und JÄGER, W. R. (1996) stammen rund 75 bis 85 Prozent der Wasseremissionen aus der Textilherstellung. In dieser Studie hingegen ist ermittelt worden, dass rund 85 Prozent der Emissionen in der Nutzungsphase entstehen. Werden die reinen Zahlenwerte betrachtet, so zeigt sich ein sehr uneinheitliches Bild. Für die Herstellung werden 2,1 g (BRUNE, D.), 0,8 g (JÄGER, W. R.) bzw. 0,6 g (Eigene Berechnung) angegeben. Während der Nutzung entstehen laut BRUNE, D. (1988) 0,4 g, bei JÄGER, W. R. (1996) 0,3 g und in den eigenen Berechnungen des Autoren 3,4 g CSB-Emissionen. Um diese Differenzen in den Bilanzwerten zu erklären bedarf es einer weiteren Aufsplitterung der ermittelten Zahlen. Dies ist aber durch die gegebene Datenqualität nicht möglich. Daher muss die Analyse durch den Autor an dieser Stelle abgebrochen werden.





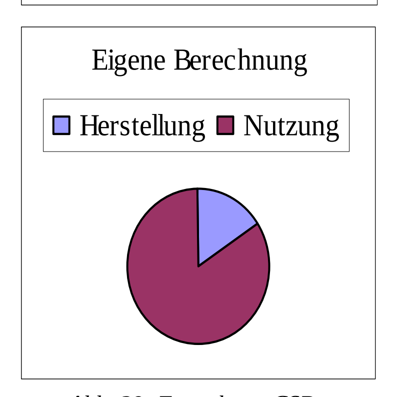


Abb. 29: Entstehung CSB

(Quelle: Eigene Darstellung)

Abschließend kann festgehalten werden, dass die verglichenen Ökobilanzen ähnliche Ausprägungen bei den Stoff- und Energieflüssen für die Polyester/PTFE-Laminate bilanzieren. Eine tiefer greifende Untersuchung über die Entstehungsorte der Stoffflüsse erscheint dem Autor aber nötig, ist jedoch nicht möglich. Das nachfolgende Kapitel soll zeigen, wie sich dies bei den Baumwoll/Polyester-Mischgeweben verhält.

[187] Vgl. EBERLE, U.; GRIEßHAMMER, R. (2000), S. 39.
[188] Vgl. SCHMIDT, A. (2000), S. 20.

8.2.2 Vergleich Baumwoll/Polyester-Mischgewebe

Für die Baumwoll/Polyester-Mischgewebe, welche dem Kittel A HP entsprechen, sind zwei Vergleichsstudien ermittelt worden. Die Ergebnisse von BRUNE, D. (1988) sind wieder auf einen OP-Mantel umgerechnet.

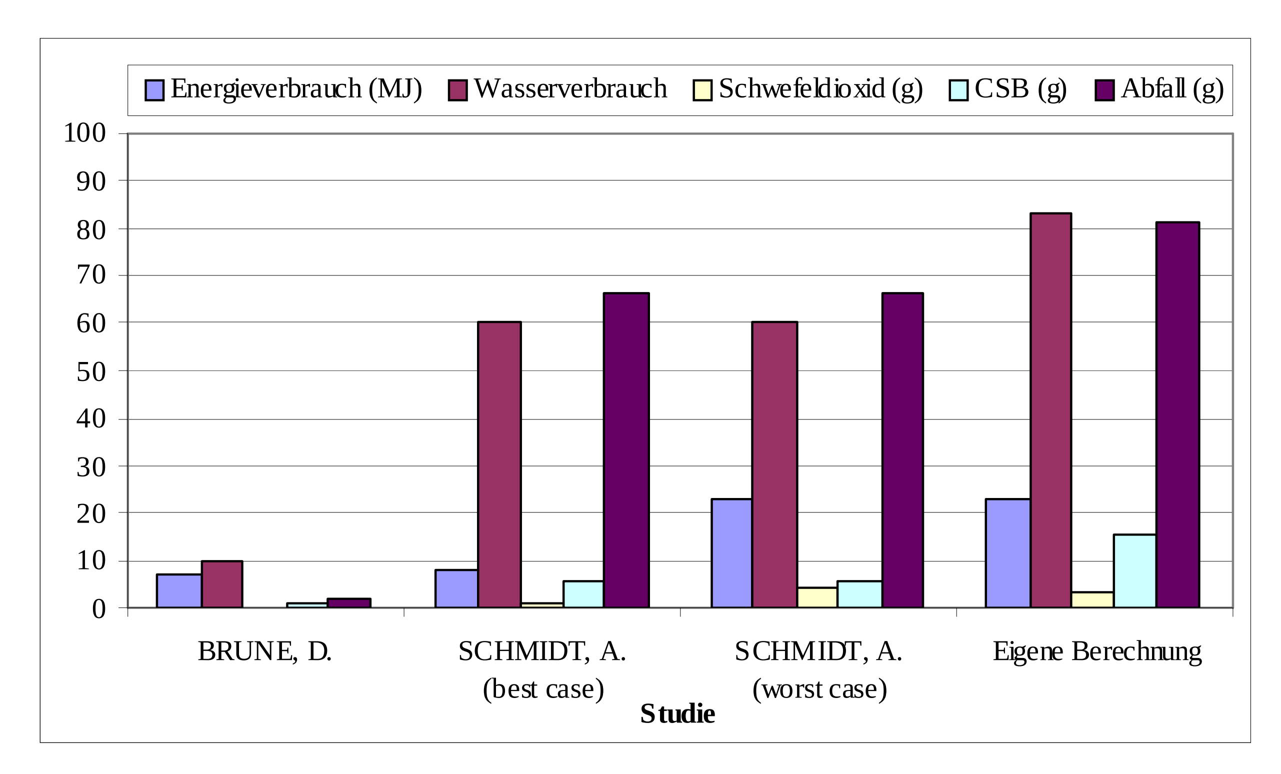


Abb. 30: Vergleich der Baumwoll/Polyester-Mischgewebe

(Quelle: Eigene Darstellung)

Der Vergleich, der in Abbildung 30 dargestellt ist, zeigt ein ähnliches Bild, wie bei den zuvor dargestellten Polyester/PTFE-Laminate. Auch hier liegen die Angaben von BRUNE, D. (1988) unter denen der anderen Studien. Wobei eine Betrachtung der einzelnen Parameter sehr unterschiedliche Ausprägungen offenbart. Der Vergleich der Elektrizitätsverbräuche zeigt, dass die Angabe von BRUNE, D. (1988) in etwa denen von SCHMIDT, A. (2000) für den günstigsten Fall entsprechen und die durch den Autor errechneten Verbräuche mit denen von SCHMIDT, A. (2000) für den ungünstigsten Fall vergleichbar sind. Für diesen Parameter liegen die Angaben in einem sehr engen Varianzbereich. Wird jedoch ein anderer Parameter betrachtet, so zeigt sich ein davon abweichendes Ergebnis. In Abbildung 31 ist dies an dem Ausstoß der Luftschadstoffe Stickoxid und Schwefeldioxid verdeutlicht.

Die Kurve für die Schwefeldioxidemissionen zeigt, dass der berechnete Ausstoß des Autors zwischen den Angaben von SCHMIDT, A. (2000) liegt und die Werte von BRUNE, D. (1988) leicht niedriger sind. Im Vergleich dazu ist am Verlauf der Stickoxidemissionen zu erkennen, dass die ermittelten Zahlen voneinander stärker divergieren. Die durch den Autor ermittelten Emissionen liegen um 1,89 g oder 60 Prozent über den für SCHMIDT´s worst case, während die Angaben von BRUNE, D. (1988) rund einem Prozent des durch SCHMIDT, A. (2000) ermittelten best case entsprechen. Es zeigt sich bei diesem Parameter eine sehr große Varianz. Die Beispiele verdeutlichen, dass die bilanzierten Werte nicht immer konsistent sind und jeweils die Angaben im Einzelfall betrachtet werden müssen. Eine tiefer gehende

Untersuchung anhand der bilanzierten Prozesse und Herstellungsverfahren ist aber aufgrund der Datenangaben in den Studien nicht möglich.

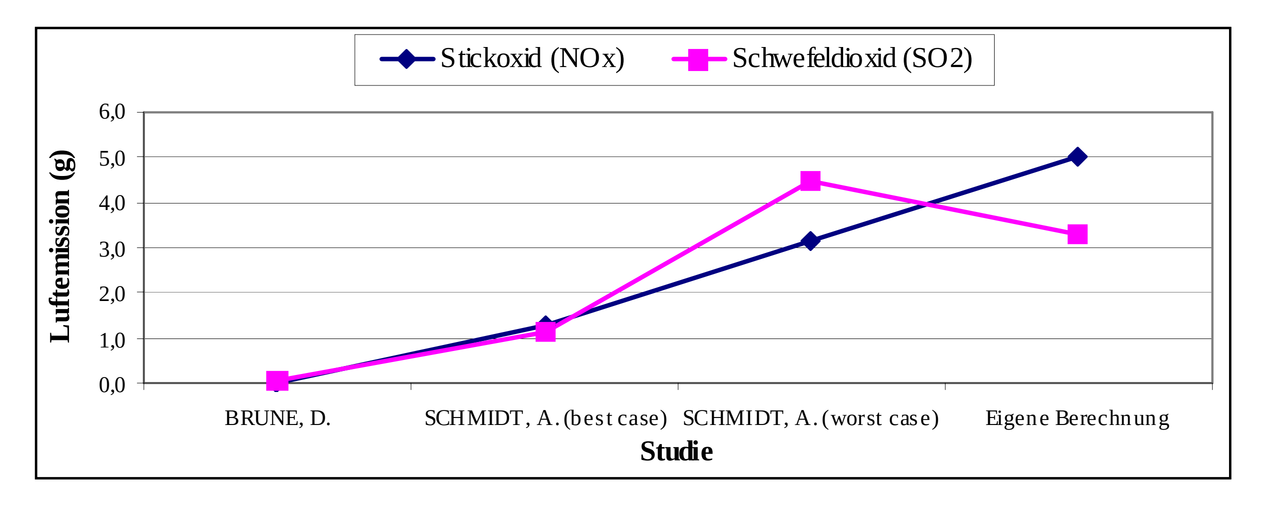


Abb. 31: Entwicklung unterschiedlicher Parameter

(Quelle: Eigene Darstellung)

Als Ergebnis des Vergleichs kann festgehalten werden, dass die hier erstellte Sachbilanz insbesondere mit der Studie von SCHMIDT, A. (2000) übereinstimmt. Es gibt jedoch einzelne Parameter, die von dieser allgemeingültigen Aussage abweichen.

8.2.3 Vergleich Polyestergewebe

In der Ökobilanz von SCHMIDT, A. (2000) wird ebenfalls ein Kittel aus Polyestergewebe betrachtet. Dies entspricht in der Codierung des BMBF-Projektes den Mänteln B und C in der Standard-Performance-Ausführung. Auch hier fällt ein ausführlicher Vergleich schwer, da in der Studie von SCHMIDT, A. (2000) nur Werte für den Gesamtprozess gegeben sind. Ein Vergleich anhand einer Auswahl von Kenngrößen ist in den Abbildungen 32 und 33 vorgenommen.

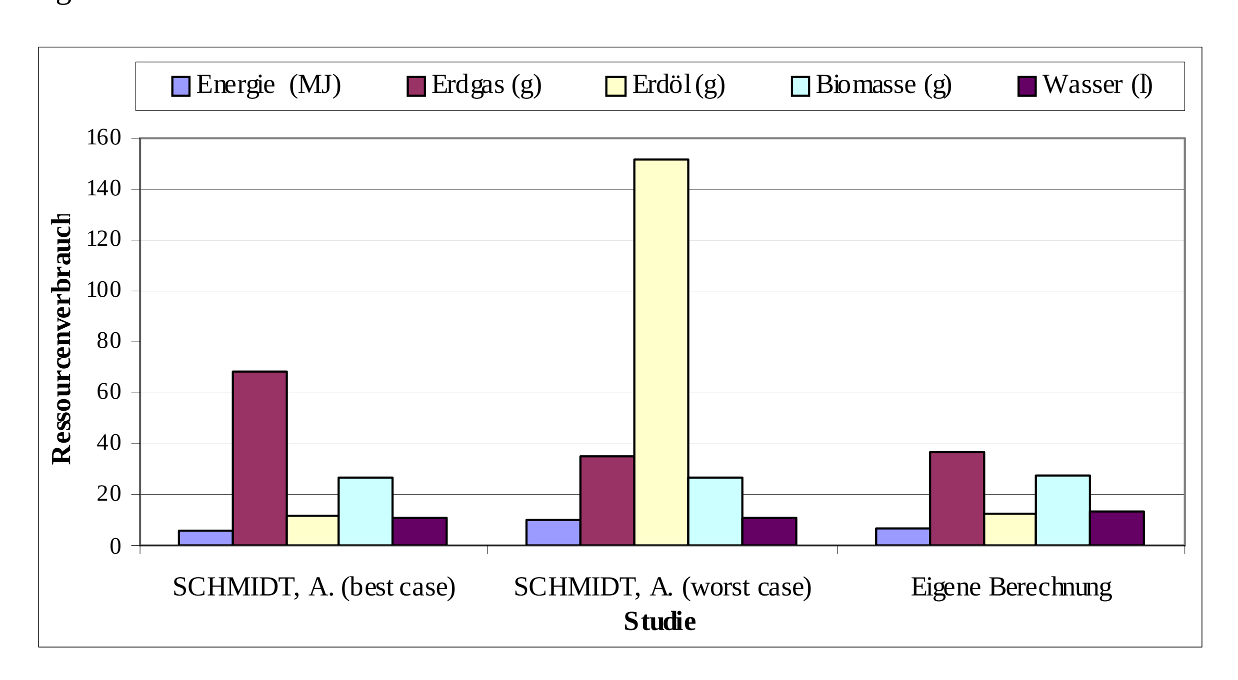


Abb. 32: Vergleich Ressourcenverbrauch Polyestergewebe

(Quelle: Eigene Darstellung)

Der Vergleich zwischen den beiden Sachbilanzen zeigt, dass sie für das Polyestergewebe sehr analoge Werte bilanzieren. Sowohl bei den Ressourcenverbräuchen einschließlich Energie in Abbildung 32, wie auch bei den Emissionen in Abbildung 33 lassen sich nur geringe Varianzen erkennen. Jedoch haben die Gegenüberstellungen in den vorherigen Kapiteln gezeigt, dass erst der Vergleich mit einer größeren Anzahl von Bilanzen eine sichere Aussage über die Zuverlässigkeit oder Unzuverlässigkeit der Studien ermöglicht.

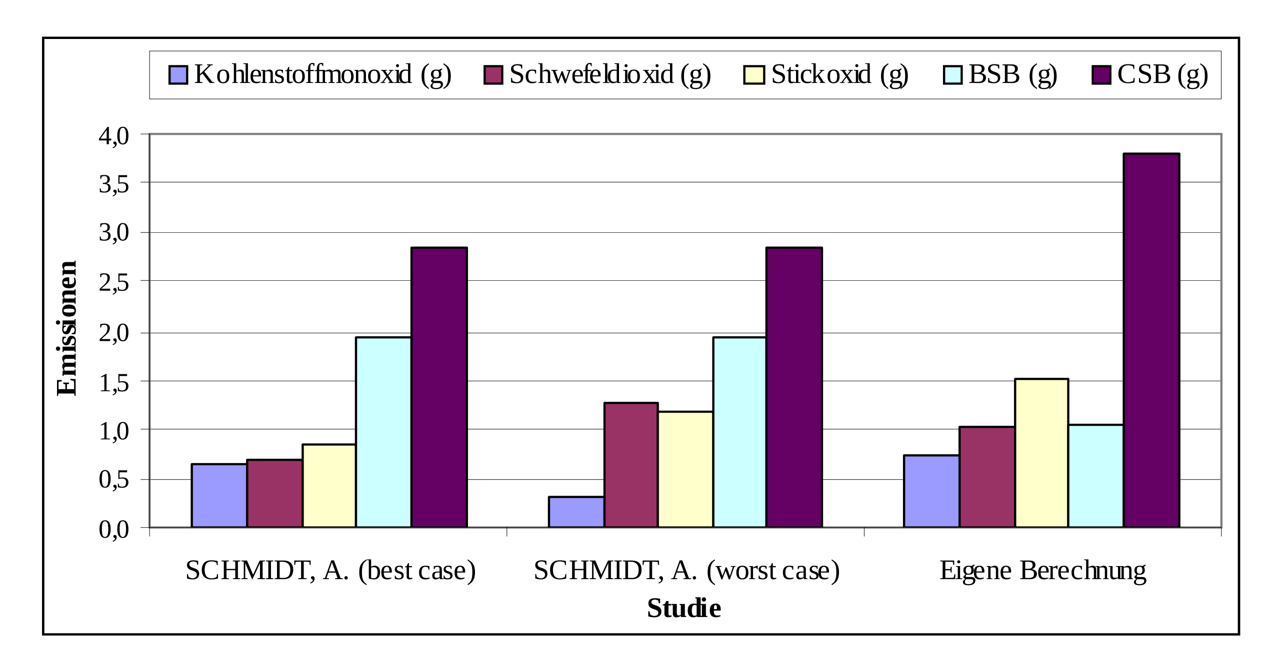


Abb. 33: Vergleich Emissionen Polyestergewebe

(Quelle: Eigene Darstellung)

Als Fazit des Vergleichs der Mehrwegprodukte kann formuliert werden, dass die verglichenen Untersuchungen relativ einheitliche Stoff- und Energieflüsse ermitteln. Am vergleichbarsten mit der vom Autor erstellten Sachbilanz ist das Life Cycle Assessment von SCHMIDT, A. (2000). Die Bilanz von BRUNE, D. (1988) ermittelt durch die anders gewählte Systemgrenze niedrigere Zahlenwerte. Im nachfolgenden Kapitel wird dargestellt, wie sich die Ergebnisse bei den Einwegprodukten verhalten.

8.3 Vergleich der Einwegprodukte

8.3.1 Vergleich Zellstoff/PES-Vlies

In der vorliegenden Sachbilanz ist der Kittel E SP aus einem Zellstoff/Polyester-Vlies hergestellt. Dieses Material wird in zwei anderen Studien ebenfalls betrachtet. Dabei ist eine sehr gute Vergleichbarkeit gegeben, da alle drei Studien die gleichen Systemgrenzen verwenden. Abbildung 34 gibt einen Überblick über die ermittelten Ergebnisse.

Der Vergleich der Studien zeigt, dass sich nur bedingt Gemeinsamkeiten zwischen den Ergebnissen finden lassen. Die Varianzen zwischen den Ergebnissen sind groß. Beim Wasserverbrauch zum Beispiel liegen zwischen der niedrigsten und der höchsten Angabe 27 Liter. Damit entspricht der Bilanzwert von SCHMIDT, A. (2000), dem 1,5fachen Wasserverbrauch des Berichtes von SCHORB, A (1990). Die in der Analyse von SCHORB, A. (1990) angegebene CSB-Fracht erscheint dem Autor zu hoch, daher wird er diesen für die weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigen. Grund für seine Annahme ist, dass der oberste

Grenzwert für die CSB-Fracht in der Textilherstellung in Deutschland bei 160 mg/l liegt.[189] Die angegebenen 96 g/l CSB-Fracht wirken daher zu hoch.[190] Der Vergleich der weiteren Parameter zeigt, dass die in dieser Sachbilanz ermittelten Werte mit Ausnahme des CSB unterhalb der anderen Sachbilanzen liegen. Es lässt sich daher vermuten, dass in der Sachbilanz nicht alle Prozesse vollständig bewertet wurden. Im nachfolgenden Kapitel wird diese Vermutung anhand des Mantels E HP und einer größeren Grundgesamtheit von Studien überprüft.

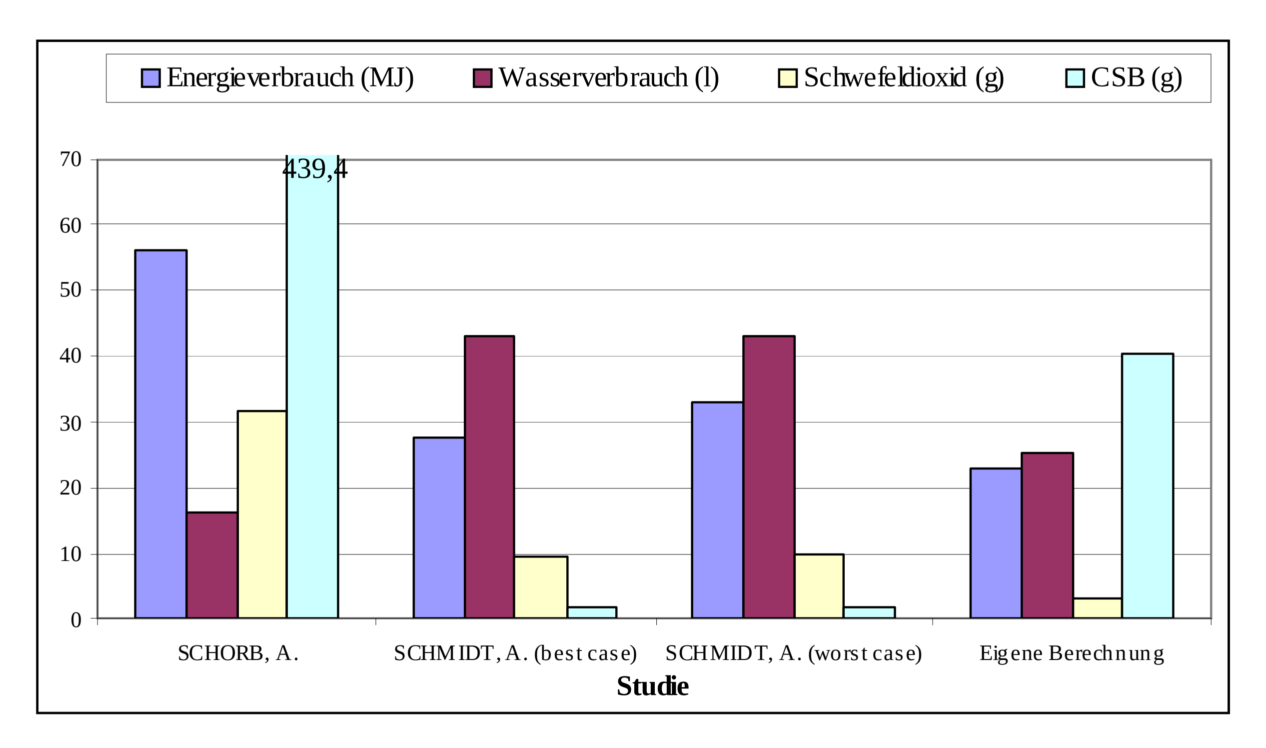


Abb. 34: Vergleich Zellstoff/PES-Vlies

(Quelle: Eigene Darstellung)

8.3.2 Vergleich der Zellstoff/PES-Vlies mit PE-Folie

Ein letzter Vergleich soll für die OP-Mäntel aus Zellstoff/Polyester-Vlies durchgeführt werden, welche mit einer Polyethylenfolie verklebt sind. Mit dieser Art von OP-Textil befassen sich fünf Analysen. Die Studie von ERIKSSON, E.; BERG, H. (2003) kann wie schon bei den Mehrwegtextilien für einen Vergleich aufgrund der Datenqualität nicht verwendet werden. Der Vergleich der verbliebenen vier Bilanzen zuzüglich der Untersuchung des Autors ist in Abbildung 35 dargestellt.

[189] Vgl. AbwV Anhang 38 C (1).
[190] Vgl. SCHORB, A. (1990), S. 96.

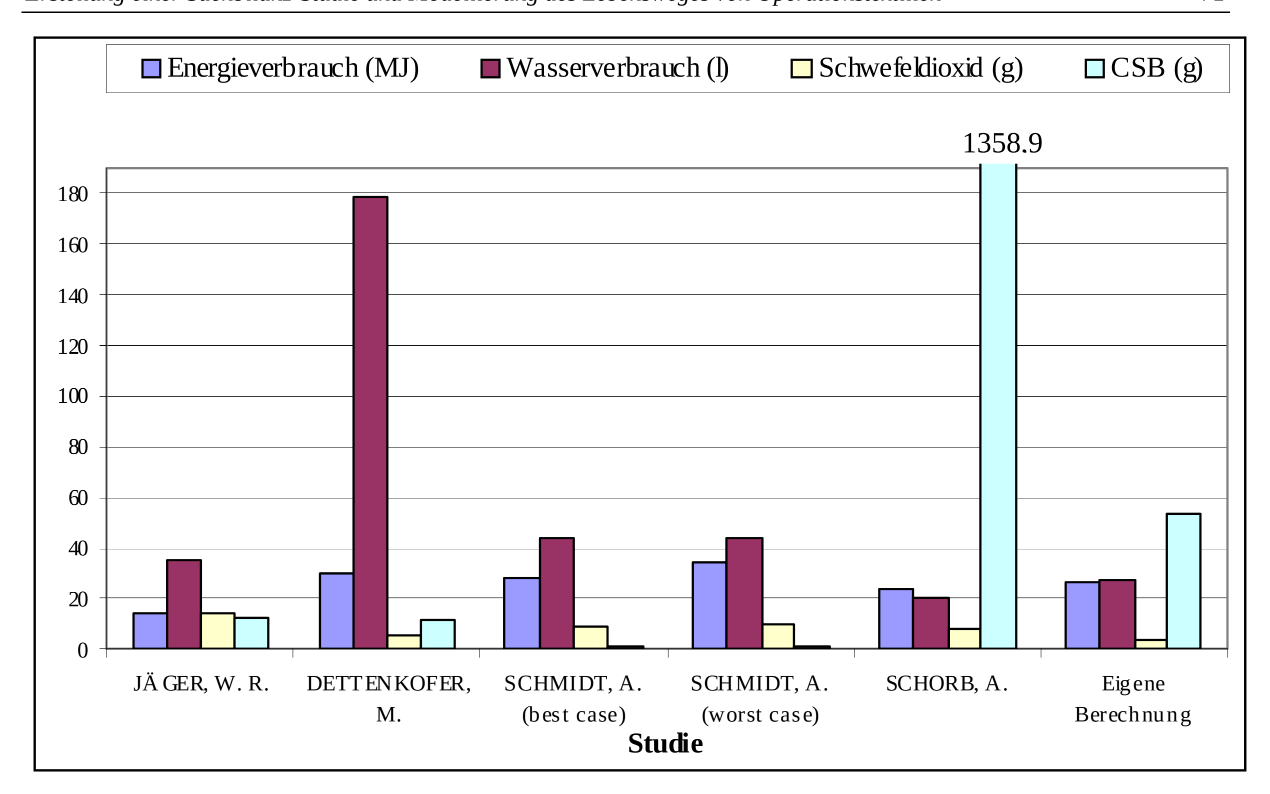


Abb. 35: Vergleich Zellstoff/PES-Vlies mit PE-Folie

(Quelle: Eigene Darstellung)

Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass die Kennzahlen in den Studien eine unterschiedliche Ausprägung besitzen. Die Werte für den Energieverbrauch, die Schwefeldioxidemissionen und den Wasserverbrauch schwanken in den Studien um bis zum 100 Prozent des niedrigsten Wertes. Die CSB-Angabe in der Analyse von SCHORB, A. (1990) wird auch bei diesem Textil durch den Autor in die Bewertung nicht einbezogen. Aufgrund der Datenlage ist es möglich, die Energieverbräuche des Textils über den Lebensweg in mehreren Studien nachzuvollziehen. Abbildung 36 zeigt, dass je nach Quelle 85 bis 96 Prozent des Energiekonsums durch die Produktion verursacht werden. Ein weiterer großer Energieverbraucher ist die Herstellung der Verpackung mit einem Anteil von etwa 3 bis 11 Prozent. Die Sterilisation und der Transportprozess haben eine eher untergeordnete Bedeutung.

Angaben in Prozent	**JÄGER, W. R. (1996), S. 36.**	**DETTENKOFER, M. (1999)[191]**	**SCHORB, A. (1990), S. 96.**	**Eigene Berechnung**
Produktion	96	86	85	95,8
Verpackung	3,5	11	9	3,8
Transport	0,5	2	1	k. A.
Sterilisation	k. A.	2	5	0,4

Abb. 36: Verteilung des Energieverbrauches über den Lebensweg

(Quelle: Eigene Darstellung)

Wird ein ähnlicher Vergleich für den Wasserverbrauch erstellt, so zeigt sich, dass die Herstellung der Verpackung eine untergeordnete Bedeutung für den Wasserverbrauch hat. Die

[191] Vgl. GRIEßHAMMER, R.; REICHART, I. (2000), S. 5.

Sterilisation wird von SCHORB, A. (1990) mit einem beinahe gleichgroßen Verbrauch bilanziert, wie die Herstellung des OP-Textil an sich (vgl. Abbildung 37). In der Bilanz vom Autor hat die Sterilisation kein solch starkes Gewicht in der Bewertung. Nach Meinung des Verfassers kann dies aber positiv bewertet werden, da der Sterilisationsprozess für Einwegtextilien nicht bilanziert werden konnte und deshalb eine Dampfsterilisation als Vergleichsprozess herangezogen wurde. Die gebräuchliche Strahlensterilisation von Einweg-OP-Textilien arbeitet ohne Wasser. Daher wird das Bilanzergebnis durch den Ersatzprozess nicht stark verfälscht.

Angaben in Liter	**JÄGER, W. R. (1996), S. 36.**	**SCHORB, A. (1990), S. 96.**	**Eigene Berechnung**
Produktion	33,6	10,7	26,2
Verpackung	1,6	0,9	1,0
Transport	0,0	k. A.	k. A.
Sterilisation	k. A.	8,9	0,7

Abb. 37: Verteilung des Wasserverbrauches über den Lebensweg

(Eigene Darstellung)

Als Ergebnis des Vergleichs der Sachbilanz für die Einweg-OP-Textilien kann formuliert werden, dass die durch den Autor erstellte Bilanz mit den bestehenden Ökobilanzen vergleichbar ist. Die ermittelten Werte des Autors liegen im Allgemeinen am unteren Ende des Varianzbereiches der Analysen. Ausnahme bildet die Angabe der CSB-Fracht im Wasser, die zumeist über den Vergleichswerten liegt.

8.4 Ergebnis des Sachbilanzvergleichs

Der Vergleich der in dieser Arbeit erstellten Sachbilanz mit bereits bestehenden Sachbilanzen zeigt, dass die Bilanzergebnisse eine ähnliche Ausprägung zeigen. Es konnten keine Ausreißer unter den erstellten Analysen identifiziert werden. Jedoch ist ein tief gehender Vergleich durch die starke Zusammenfassung der Ergebnisse in den Vergleichsstudien nicht möglich. Dadurch, dass Prozesse und Verfahren nicht offen dargestellt werden, können auch keine Abweichungen oder Übereinstimmungen in den getroffenen Annahmen und Werten festgestellt werden. Hier bedarf es nach Meinung des Autors einer weiteren Untersuchung, die aber nur mit zusätzlichen Informationen möglich ist. Ein Vergleich der Datenherkunft in den Quellen zeigt, dass die Studien teilweise mit einer vergleichbaren Datenunsicherheit erstellt wurden, wie die hier vorliegende Arbeit. Keine der Vergleichsstudien wurde auf Basis von Herstellerdaten erstellt. Es sind jeweils nur Teilprozesse durch vom Hersteller ermittelte Stoffflüsse einbezogen.

Nachdem die vom Autor erstellte Bilanz im Vergleich mit anderen Studien keine gravierenden Abweichungen gezeigt hat, soll im nachfolgenden Kapitel die Sachbilanz modelliert werden.

9 Modellierung der Ergebnisse mit der Software Umberto

„Umberto ist ein leistungsfähiges Softwaretool zur Modellierung, Berechnung und Visualisierung von Stoff- und Energieflüssen.“[192] Entwickelt und vermarktet wird die Software vom ifu Institut für Umweltinformatik Hamburg. Sie wird zur Analyse und Optimierung von Prozesssystemen eingesetzt. Seit 1994 bietet die Software damit, ähnlich wie die vergleichbaren Programme GaBi, Euklid, u. a., eine Unterstützung bei der Erstellung von Sach- und Ökobilanzen.[193]

9.1 Aufbau der Stoffstromnetze

Als methodischer Ansatz für die Berechnung der Stoffströme im Umberto wurde durch den Autor die Modellierung als Produkt-Ökobilanz gewählt. Bei der Produkt-Ökobilanz wird von der funktionellen Einheit ausgegangen und schrittweise der Herstellungsprozess analysiert. Ausgehend vom OP-Mantel wird zuerst die Nutzung betrachtet und anschließend die Herstellung des Produktes, gefolgt von der Herstellung der Rohstoffe. Die Berechnung erfolgt daher entgegen der eigentlichen Stoffstromrichtung des Systems (up-stream). Dies bedeutet, aus der für den Einzelprozess bekannten Menge Output wird der Input berechnet. Als Gegenstück zur up-stream Berechnung wird bei der Betrieblichen Ökobilanz der Stofffluss down-stream gerechnet. Hier wird ausgehend vom Wareneingang der Herstellungsprozess flussabwärts betrachtet.[194] Dieser Ansatz wird bei der Modellierung der Lebenswege der OP-Textilien nicht verwendet. Abbildung 38 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Berechnungsansätze bei der Modellierung im Umberto.

Die Stoffstromnetze bestehen aus drei verschiedenen Elementklassen. Die Knoten im Netz werden durch Transitionen oder Stellen gebildet, welche durch Verbindungen miteinander verknüpft werden. Transitionen werden in Umberto als Quadrate dargestellt. In ihnen werden Stoff- und Energieumwandlungen vorgenommen. Aus verschiedenen Stoff- und Energieinputs entstehen nach vordefinierten Regeln neue Energien und Stoffe auf der Outputseite. Stellen sind demgegenüber Lager, in denen keine Materialumwandlung vorgenommen wird. Sie werden in der Modellierung als Kreise dargestellt. Die Stellen werden unterteilt, nach Input- und Outputstellen, welche die Übergabepunkte zur Außenwelt des Stoffstromnetzes definieren. Eine zweite Art von Stellen sind die Connection Places, welche als Verbindungsstellen die Ströme zwischen den Transitionen verteilen. In ihnen werden aber keine Stoffe gelagert. Als Lager werden die Storagestellen eingesetzt. In ihnen können Stoffe und Energien gelagert werden und von dort zu den Transitionen verteilt werden. Durch Pfeile werden die Verbindungen dargestellt, welche anzeigen, wie die Energien und Stoffe im Netz fließen.[195]

Als formale Bedingung für die Modellierung im Netz gilt, dass sich immer eine Transition mit einer Stelle im Stofffluss als Knoten abwechseln muss.

---

[192] IFU HAMBURG (Hrsg.) (2006), o. S.
[193] Vgl. MÜLLER-BEILSCHMIDT, P. (1997), S. 5.
[194] Vgl. SCHMIDT, M.; HÄUSLEIN, A. (1997), S. 18.
[195] Vgl. IFU HAMBURG (Hrsg.) (2005), S. 7-41 ff.

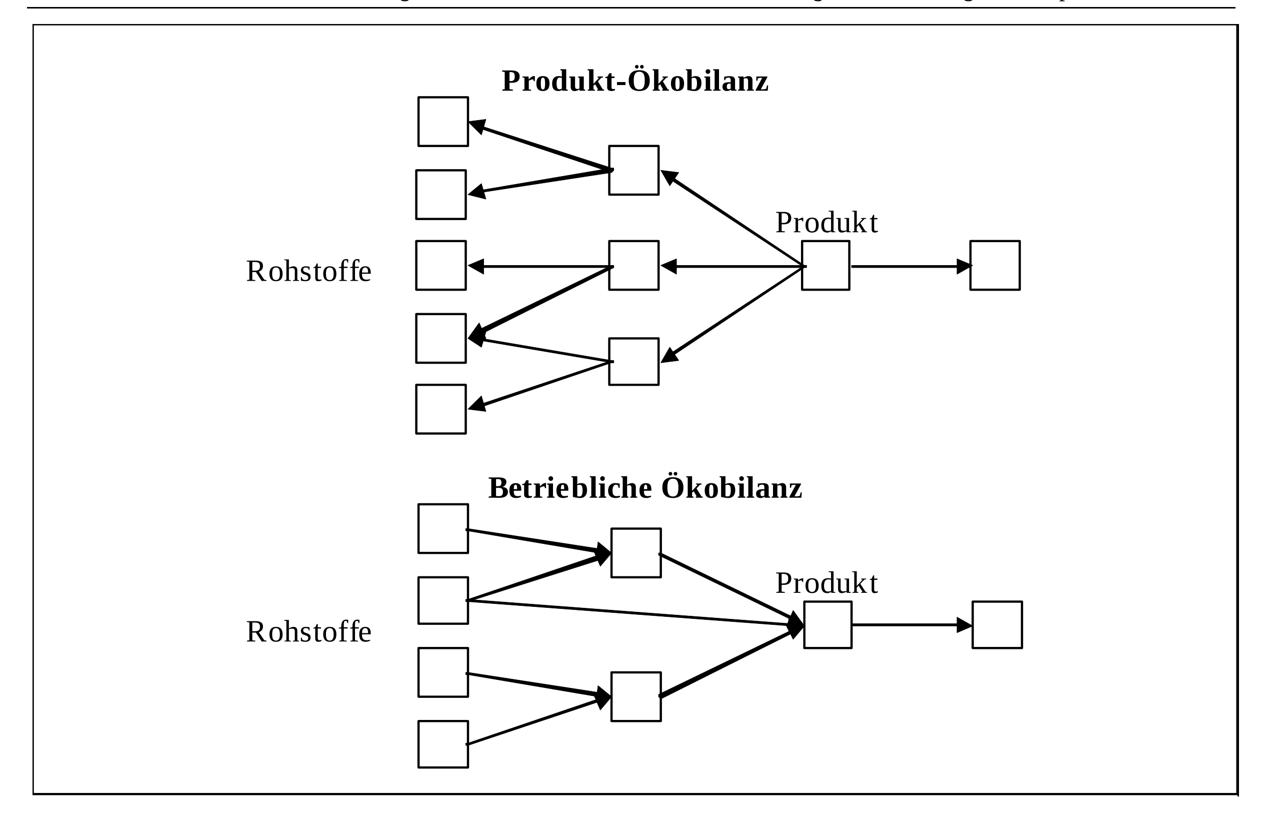


Abb. 38: Methodische Berechnungsansätze der Modellierung

(In Anlehnung an: SCHMIDT, M.; HÄUSLEIN, A. (1997), S. 19.)

9.2 Modellierung der Lebenswege der OP-Textilien

Die grafische Darstellung der Lebenswege der OP-Textilien ist in Anhang 6 dargestellt. Es ist jeweils der Lebensweg als zentraler Fluss abgebildet. Über den Transitionen sind jeweils die zugehörigen Inputstellen angeordnet. Die Outputstellen befinden sich unterhalb der Transitionen. Der Stofffluss verläuft von links nach rechts, beginnend bei der Rohstoffherstellung und endend bei der Entsorgung. Bei den Mehrwegtextilien ist die Modellierung auf zwei Ebenen vorgenommen. Die Herstellung der OP-Mäntel, die Entsorgung und alle Hilfsprozesse, wie beispielsweise Stromerzeugung und Abwasseraufbereitung sind auf einer Hauptebene dargestellt. Die Nutzungsphase mit dem Wäschereikreislauf und der Verpackungsherstellung ist in einer Subebene modelliert. Die Input- und Outputflüsse des Subnetzes werden an so genannten Portstellen auf das Hauptnetz zurückgeführt. In Abbildung 104 und 105 in Anhang 6 sind die Stoffflüsse der Nutzungsphase von Kittel A HP exemplarisch abgebildet. Auf einen Abdruck aller Subnetze wird verzichtet, da sich die Stoffflüsse während der Nutzung bei den Mehrwegtextilien vergleichbar verhalten.

Als grafische Darstellungsform sind jeweils Sankey-Diagramme abgebildet. Die Breite der Flusspfeile ist hierbei proportional zur Flussmenge. Diese Darstellungsweise ist durch den Autor gewählt worden, da sich so Mengenströme im System sehr gut visualisieren lassen. Die unterschiedlichen Farben der Ströme stellen verschiedene Materialgruppen dar und erleichtern dadurch das Nachvollziehen des Stoffflusses. Aufgrund der Programmeigenschaften von Umberto ist die Darstellung der Energieflüsse getrennt von den Materialflüssen vorgenommen. Es ist in der Software nicht möglich Flüsse mit unterschiedlichen Einheiten (im Beispiel kJ und kg) in einer Grafik auszugeben.

Datengrundlage für die Modellierungen ist die Umbertobibliothek, ergänzt um die Ergebnisse der hier erstellten Sachbilanz. Für alle Module, für die keine Angaben in der Bibliothek der Software verfügbar sind, werden die fehlenden Daten durch den Autor eingegeben. Die in der Umbertobibliothek verfügbaren Informationen stammen vom ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg.[196] In der ecoinvent-Datenbank, deren Zugang mit der Software geliefert wird, sind keine weiteren Prozesse für die Modellierung von Textilien verfügbar.[197]

9.2.1 Modellierung der Mehrwegtextilien

Die Daten, welche der Darstellung der Mehrweg-OP-Textilien zugrunde liegen, sind auf eine Lebensdauer von 80 Waschzyklen bezogen. Die Modellierungen der verschiedenen Mehrweg-OP-Mäntel zeigen ein ähnliches Bild der Stoffflüsse. In der Darstellung der Energieströme ist zu erkennen, dass der Großteil der Energieverbräuche in der Nutzungsphase und hier speziell in der Wäscherei getätigt wird. Bei der Herstellung der Mäntel sind die größten Energieverbraucher das Weben und die Kunststoffgranulatherstellung.

Das Wasser ist der dominierende Stoffstrom bei der Betrachtung der Materialflüsse. Durch seine mengenbezogene Größe lässt er die anderen Stoffströme verhältnismäßig klein wirken. Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass die Flussbalken, welche mit einem Kreuzmuster versehen sind, in ihrer Breite limitiert sind, da sonst keine Abbildung möglich ist. Der wahre Stofffluss ist größer als hier dargestellt.

Der größte Input an Wasser wird bei der Erzeugung der elektrischen Energie im Kraftwerk benötigt. Der Verbrauch an Prozess- und Kühlwasser übersteigt den Bedarf in der Fertigung der OP-Textilien um ein Vielfaches. Im Lebenszyklus der Mehrwegtextilien direkt ist die Wäscherei und die Sterilisation der größte Wasserverbraucher. Die Herstellung hat einen verhältnismäßig geringen Wasserbedarf. Ausnahme bildet hier die Produktion von Baumwolle, welche im Kittel A HP eingesetzt wird. Der Baumwollanbau verursacht eine vergleichbar große Wassernutzung, wie die Wäscherei. Die Abwasserströme verhalten sich entsprechend. Der größte Ausstoß an Luftemissionen wird bei der Verbrennung der Textilien erzeugt.

Der Vergleich der berechneten Input/Outputströme zeigt, dass die Ergebnisse teilweise sehr deutlich von denen der vorliegenden Sachbilanz abweichen. Beispielhaft sind in Abbildung 39 die Werte für den Signifikantsparameter Energieverbrauch angegeben. Das Beispiel zeigt, dass die Ergebnisse für die Mäntel A HP und SP bzw. die Mäntel B, C SP in der Umbertoberechnung unter den eigenen Bilanzdaten liegt, für die Mäntel B HP und C HP über diesen. Begründet liegt dieser Unterschied in den verwendeten Daten des ifeu. Es zeigt sich auch hier, dass die Angaben zwischen den einzelnen Studien eine breite Streuung aufweisen.

Eine vollständige Auflistung der Input- und Outputströme aus der Modellierung ist auf der beigefügten CD abgebildet.

---

[196] Vgl. IFU HAMBURG (Hrsg.) (2005), S. 13-1.
[197] Vgl. ECOINVENT (Hrsg.) (2006), o. S.

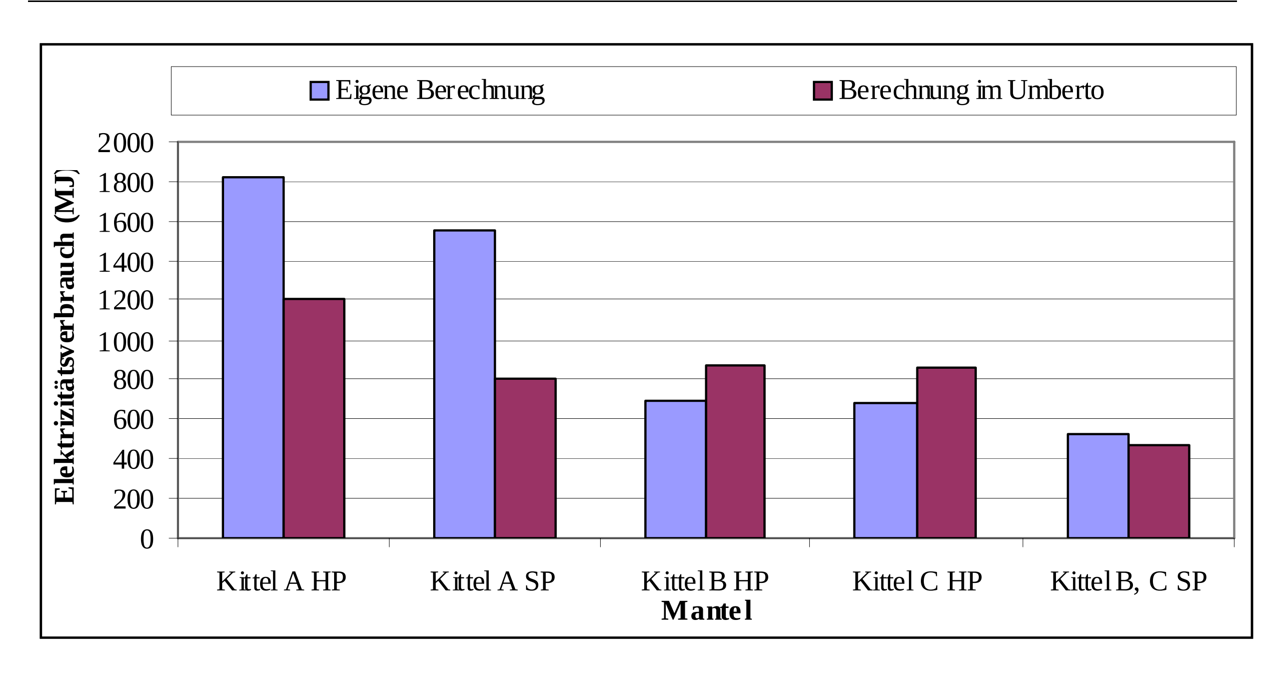


Abb. 39: Vergleich zwischen Umberto und der vorliegenden Sachbilanz

(Quelle: Eigene Darstellung)

9.2.2 Modellierung der Einwegtextilien

Bei der Modellierung der Einwegtextilien ist es möglich alle Prozesse auf einer Ebene darzustellen. Auf ein Subnetz kann verzichtet werden. Die dargestellten Stoffströme entsprechen dem Lebenszyklus eines OP-Mantels. Die Ergebnisse der Modellierung zeigen ein vergleichbares Bild zu den Mehrwegtextilien. Auch hier ist das Wasser bzw. Abwasser der dominierende Stofffluss. Neben dem Prozesswasserverbrauch in der Stromerzeugung sind die Textilveredlung und die Herstellung der Zellstofffasern mit einem hohen Wasserbedarf verbunden.

Abschließend muss angemerkt werden, dass dem Autor eine größere Unterscheidung der dargestellten Materialien, als in den hier dargestellten Abbildungen, sinnvoll erscheint.[198] Grund dafür ist, dass zum Beispiel der Wasserverbrauch in der Sankey-Darstellung, durch seine mengenmäßige Größe, alle anderen Stoffflüsse als gleichgroße Linien erscheinen lässt. Die Empfehlung des Autors ist daher mehrere Darstellung aufzubereiten. Denkbar ist eine Abbildung für den Energieverbrauch, eine Illustration für den Wasserbedarf und eine Darstellung für den Stofffluss der Textilien bzw. der Textilrohstoffe.

[198] Vgl. Anhang 6.

10 Schlussbetrachtungen und Resümee

Zielstellung der vorliegenden Arbeit war die Erstellung einer Sachbilanz für OP-Textilien, sowie deren Modellierung. Dieses Ziel ist erreicht worden. In einem ersten Schritt konnte der Lebensweg von OP-Textilien theoretisch beschrieben werden. Anschließend wurde auf Basis der gewonnen Kenntnisse aus der theoretischen Sachbilanz eine Literaturrecherche durchgeführt. Deren Ergebnisse wurden ausgewertet und für die Sachbilanz der OP-Textilien verarbeitet.

Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass für die einzelnen Module des Lebensweges von OP-Textilien sehr unterschiedliche Daten, in einer sehr unterschiedlichen Datenqualität zur Verfügung stehen. Für einzelne Module und Prozesse konnten mehrere Quellen mit sehr einheitlichen Angaben identifiziert werden. Dazu gehört zum Beispiel die Konfektion. Es musste aber auch festgestellt werden, dass für bestimmte Bereiche im Lebenszyklus der OP-Textilien keine oder nur sehr wenige Werte verfügbar sind. Dies umfasst zumeist jene Lebensabschnitte die nur bei den OP-Textilien vorzufinden sind. Als Beispiele seien hier genannt die Herstellung der Membranen aus PTFE und Polyurethan, die Textilveredlung und hier speziell die Hydrophobierung, sowie die Sterilisation. Für diese den OP-Textilien eigenen Verfahren sind kaum Daten in einer guten Qualität verfügbar. Durch den Autor mussten daher für diese Prozesse Vergleichswerte und Abschätzungen herangezogen werden, was sich negativ auf die Aussagekraft der Sachbilanz auswirkt.

Der Vergleich der erstellten Sachbilanz mit anderen bestehenden Sach- und Ökobilanzen für OP-Mäntel und OP-Abdecktücher hat gezeigt, dass die Sachbilanz des Autoren, trotz der teilweise schlechten Datenqualität, vergleichbare Ergebnisse berechnet hat. Hierbei wurde die kritische Würdigung durch die stark zusammengefassten Bilanzwerte in den Vergleichstudien behindert. Viele Angaben konnten durch ihren Black-Box-Charakter nicht hinterfragt werden. Da die Ergebnisse der Studien etwa vergleichbar sind, lässt dies nach Meinung des Autors zwei Interpretationen zu. Erstens: Die bestehenden Studien arbeiten mit einer ähnlich schlechten Datenqualität wie die hier vorliegende. Oder zweitens: Die nur unzureichend erfassten Prozesse haben eine so geringe Bedeutung, dass sie in der Gesamtbilanz nicht ins Gewicht fallen. Die verfügbaren Informationen deuten eher auf erstere These hin.[199] Die Empfehlung des Autors, insbesondere in Bezug auf das weitere Vorgehen im BMBF-Projekt ist, eine Datenerhebung für die kritischen Prozessparameter bei einem oder mehreren Praxispartnern durchzuführen. Dadurch kann ein Abgleich zwischen den vorhandenen Informationen und den dann neu erhobenen Daten vorgenommen werden, der eine Aussage über die Zuverlässigkeit der bestehenden Sach- und Ökobilanzen für OP-Textilien erlaubt.

Die Verwendung der Sachbilanzergebnisse zur Erstellung einer vollständigen Ökobilanz ist aus Sicht des Autors statthaft. Werden die Einschränkungen in der Datenqualität beachtet, lassen sich aus den vorliegenden Ergebnissen Tendenzen für die ökologischen Auswirkungen der verschiedenen OP-Textilien abschätzen.

Die Sachbilanzergebnisse zeigen bei Betrachtung der Stoffflüsse die Mehrwegmäntel als klare Umweltsieger. Die Trilaminate bei den High Performance Produkten und die

---

[199] Vgl. GRIEßHAMMER, R.; REINHART, I. (2000), S. 2; ERIKSSON, E.; BERG, H. (2003), S. 16; SCHORB, A. (1990), S. 23; SCHMIDT, D. (2000), S. 15, 21.

Polyestermikrofilamentgewebe bei den Standard Performance Produkten verursachen die geringsten Ressourcenverbräuche und Emissionen. Damit entsprechen die Ergebnisse der Sachbilanz auch den Erkenntnissen in den vergleichbaren Ökobilanzen. Diese haben ebenfalls die Mehrwegtextilien als ökologisch vorteilhafter bewertet.[200] Ausgenommen seien hier die Analysen mit vergleichen zu Baumwollprodukten.

Die Modellierung der Lebenszyklen in der Software Umberto zeigt, dass sich dadurch die Zusammenhänge der einzelnen Lebenszyklusschritte sehr gut visualisieren lassen. Durch eine geschickte Wahl der dargestellten Materialien in den Sankey-Diagrammen können die Input- und Outputflüsse mehrerer Kenngrößen leicht nachvollzogen werden.

Als Schlussfolgerung aus der vorliegenden Arbeit lässt sich sagen, dass für die ökologische Bewertung von OP-Textilien eine gute Grundlage vorhanden ist. Es Bedarf jedoch für eine sichere Bewertung weiterer Forschungsarbeit an den Prozessen im Lebenszyklus der Operationstextilien.

[200] Vgl. SCHMIDT, D. (2000), S. 23 ff; BRUNE, D. (1988), S. 47 ff; JÄGER, W. R. (1996), S. 2.

Anhang 1: Theoretische Sachbilanz

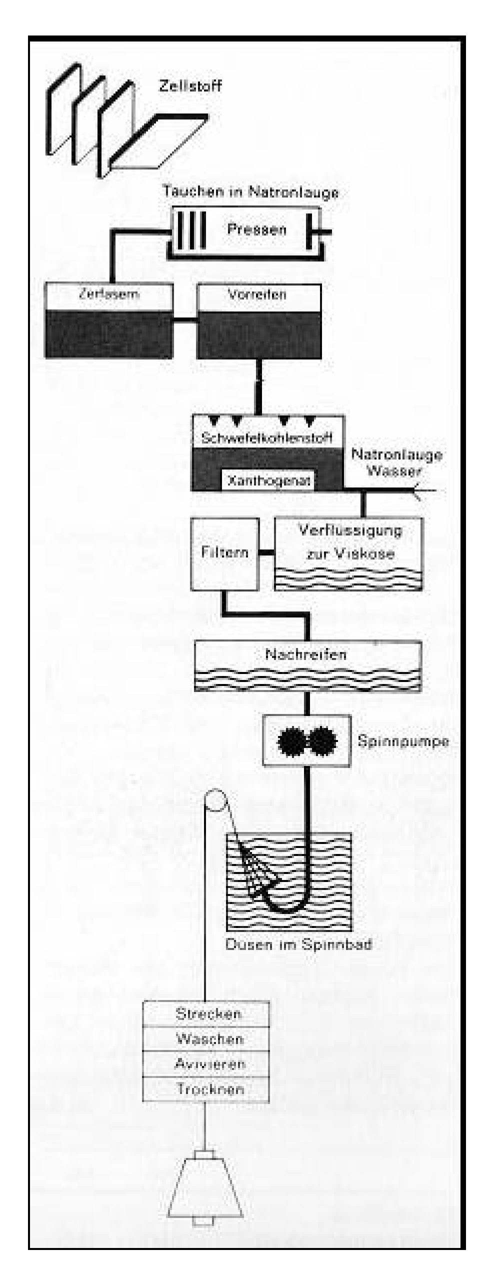


Abb. 40: Verfahrensschema der Viskosegarnherstellung

(Quelle: BAUER, R.; KOSLOWSKI, H. J. (1993), S. 154.)

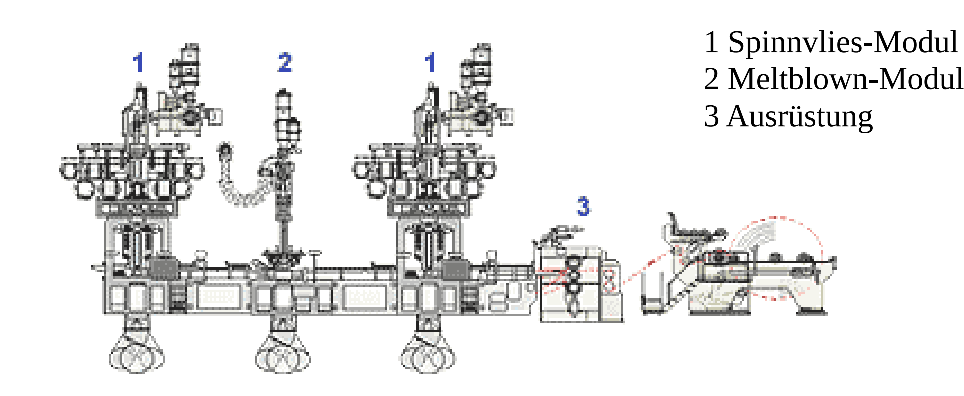


Abb. 41: Composite-Anlage zur SMS-Vliesherstellung

(Quelle: REICOFIL (Hrsg.) (2005), o. S.)

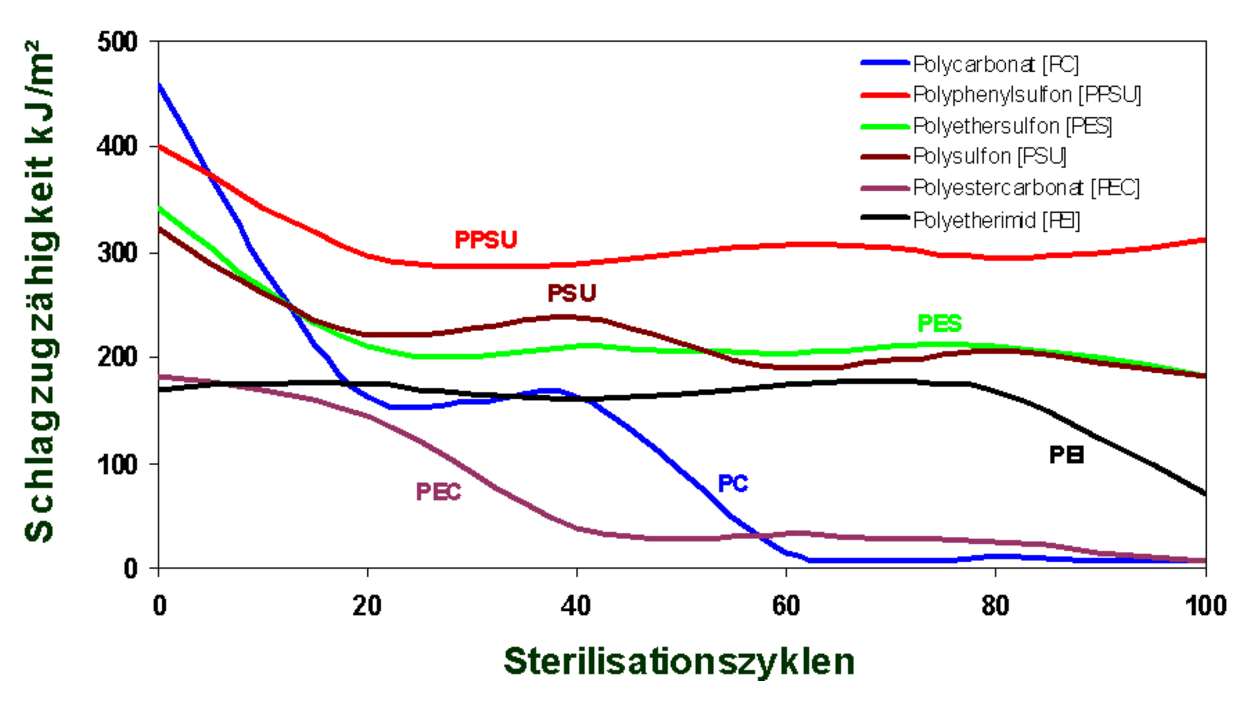


Abb. 42: Materialvergleich bei zunehmenden Dampfsterilisationszyklen

(Quelle: INKUTEC (Hrsg.) (2006), o. S.)

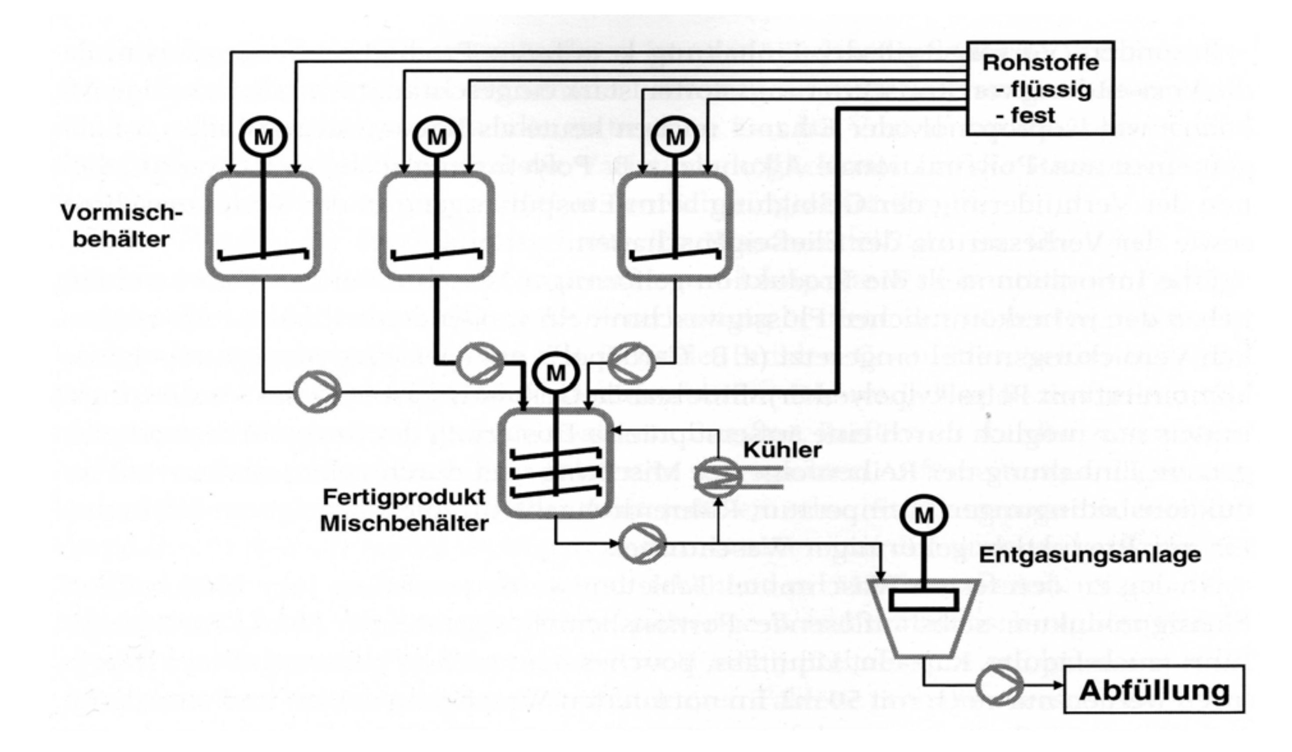


Abb. 43: Fließschema zur Herstellung von Flüssigwaschmittel

(Quelle: WAGNER, G. (2005), S. 142.)

Flussdarstellungen der Prozesse der theoretischen Sachbilanz

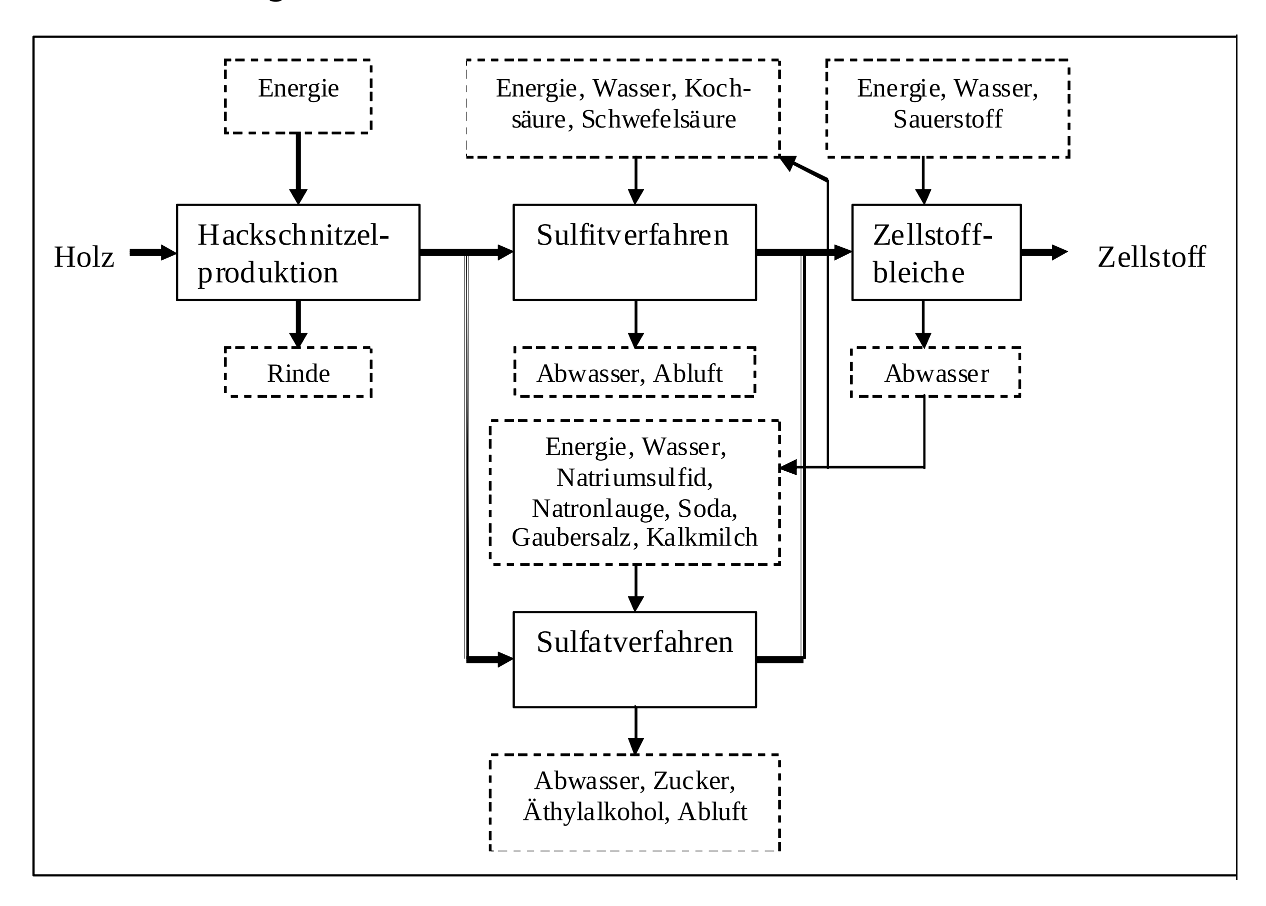


Abb. 44: Herstellung Zellstoff

(Quelle: Eigene Darstellung)

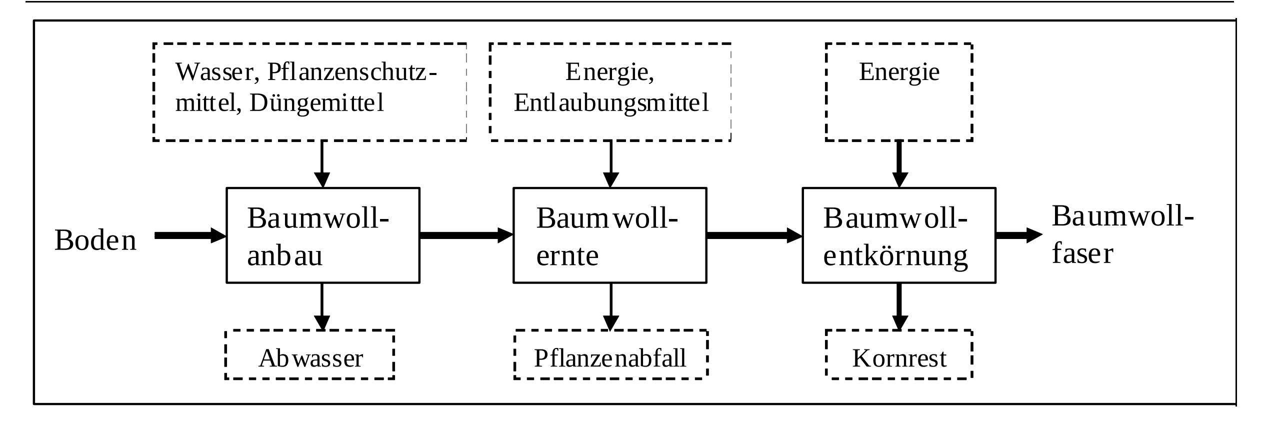


Abb. 45: Herstellung Baumwolle

(Eigene Darstellung)

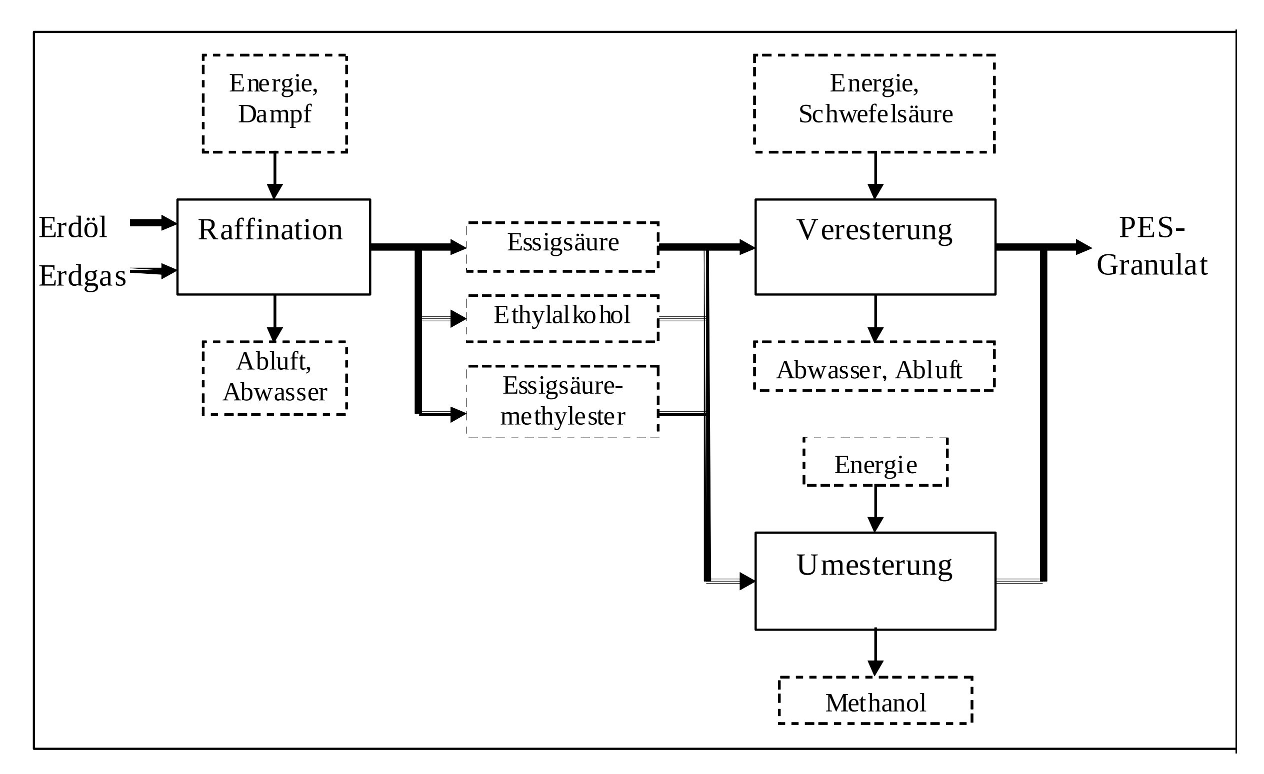


Abb. 46: Herstellung Polyester-Granulat

(Quelle: Eigene Darstellung)

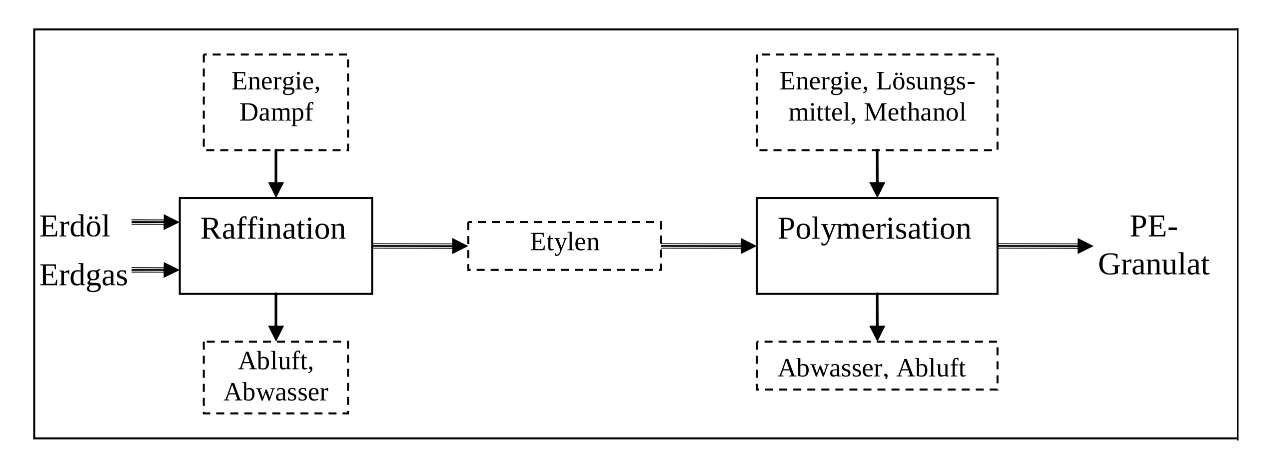


Abb. 47: Herstellung Polyethylen-Granulat

(Quelle: Eigene Darstellung)

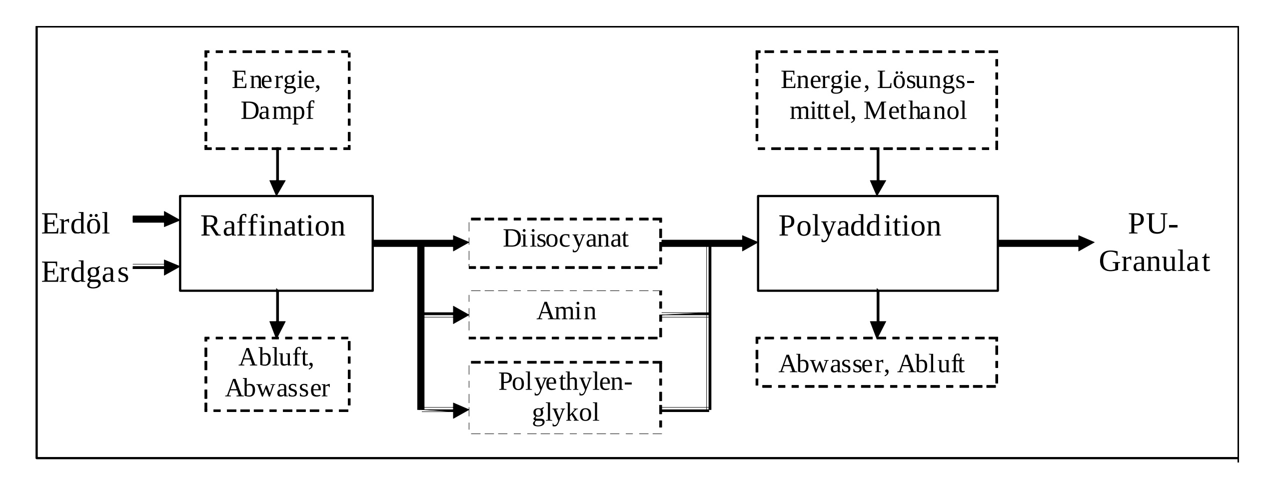


Abb. 48: Herstellung Polyurethan-Granulat

(Quelle: Eigene Darstellung)

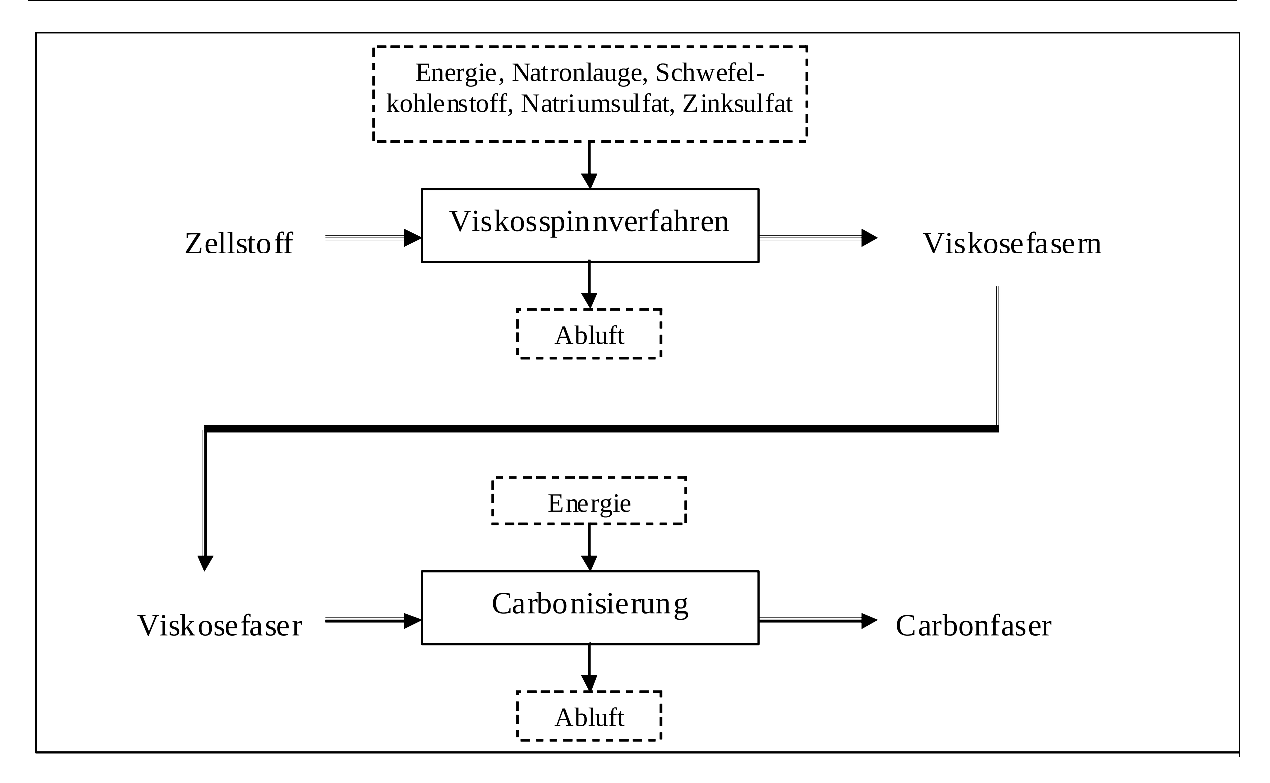


Abb. 49: Herstellung Viskosefaser/ Carbonfaser

(Quelle: Eigene Darstellung)

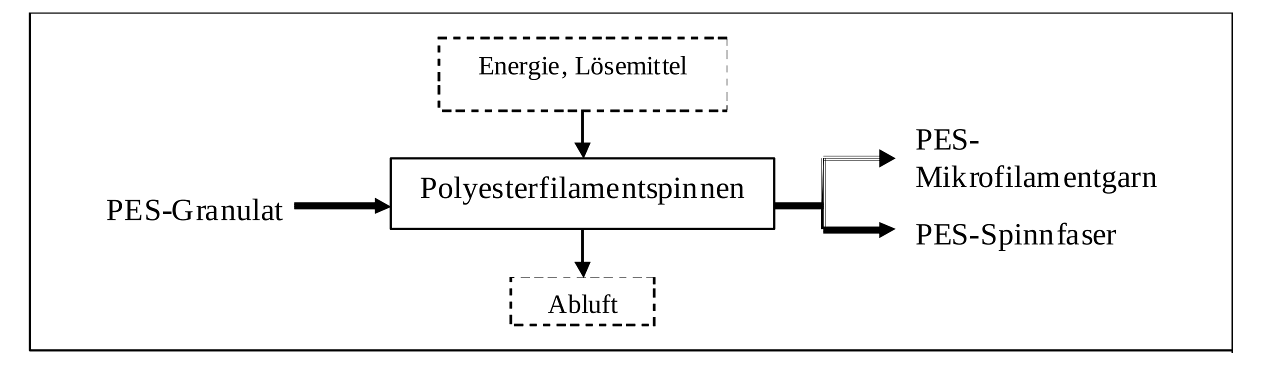


Abb. 50: Herstellung Polyesterfasern

(Quelle: Eigene Darstellung)

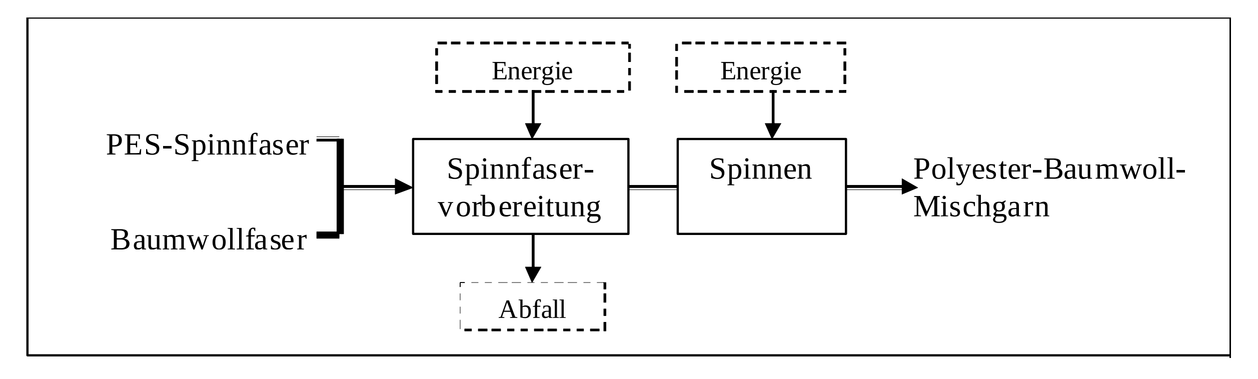


Abb. 51: Herstellung Polyester-Baumwoll-Mischgarn

(Quelle: Eigene Darstellung)

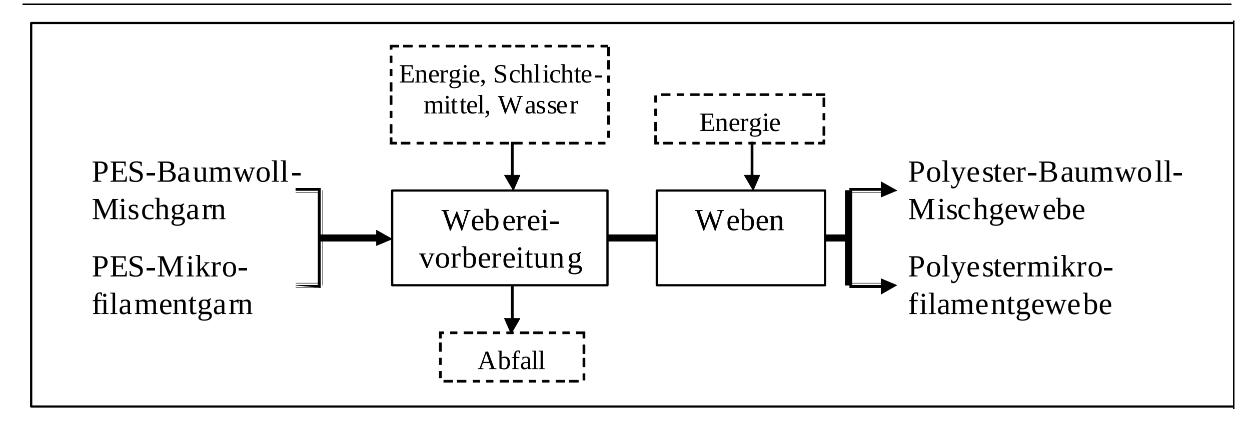


Abb. 52: Herstellung Gewebe

(Quelle: Eigene Darstellung)

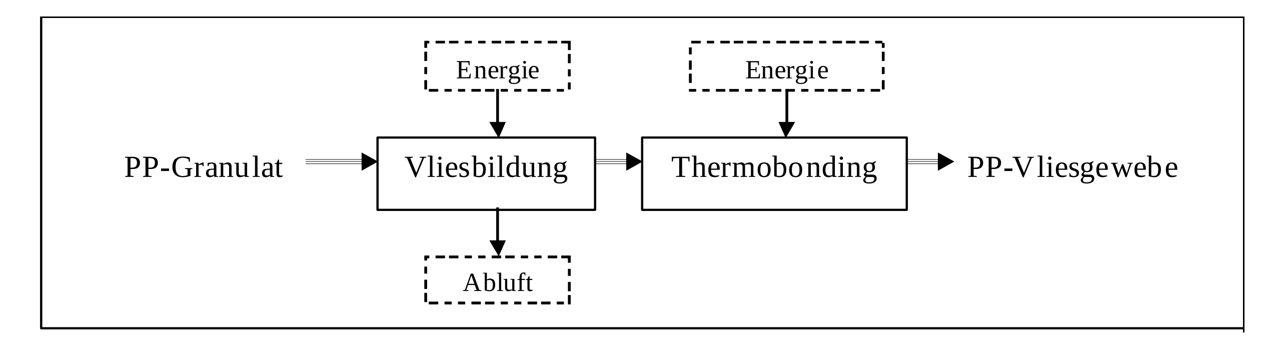


Abb. 53: Herstellung PP-Vlies

(Quelle: Eigene Darstellung)

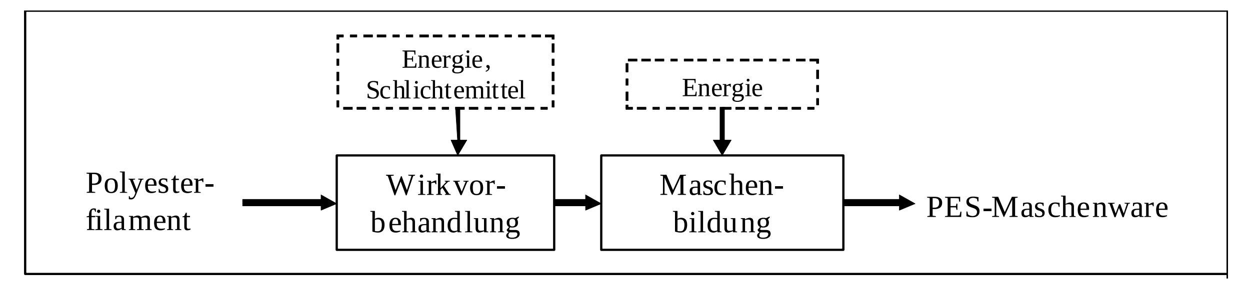


Abb. 54: Herstellung PES-Maschenware

(Quelle: Eigene Darstellung)

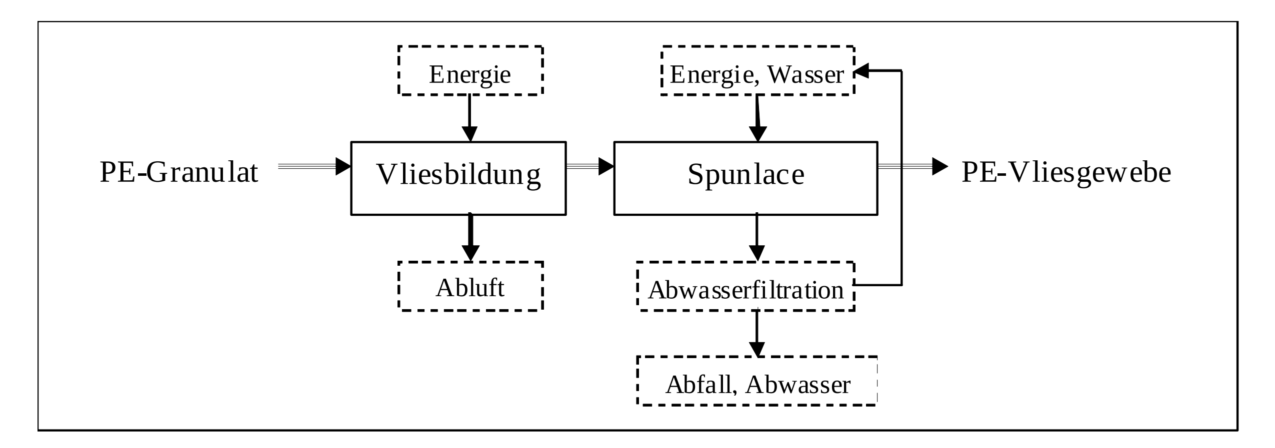


Abb. 55: Herstellung PE-Vlies

(Quelle: Eigene Darstellung)

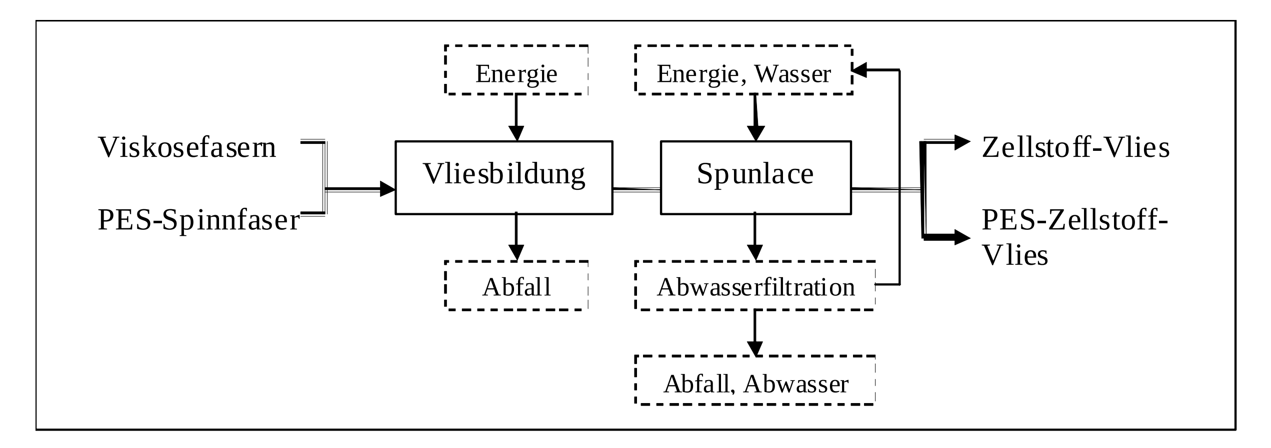


Abb. 56: Herstellung Zellstoff-Vlies

(Quelle: Eigene Darstellung)

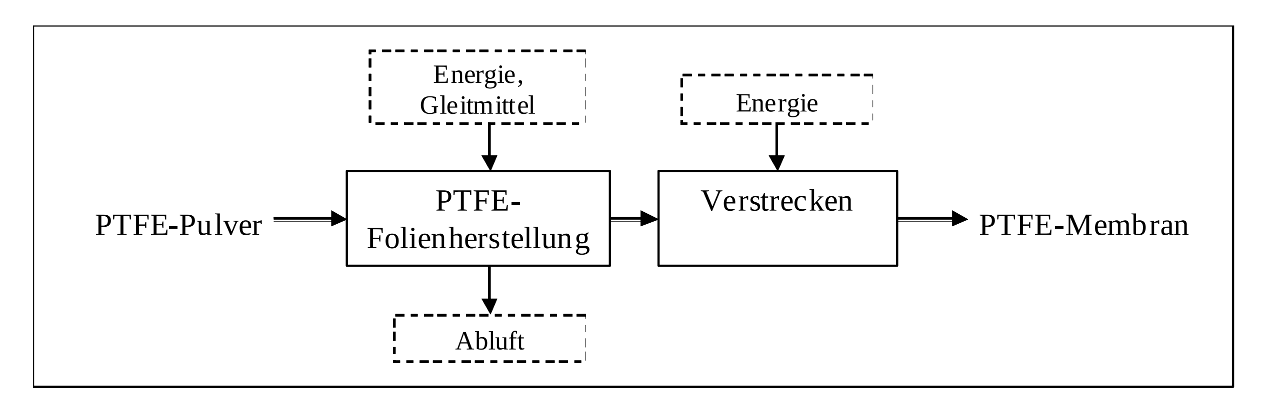


Abb. 57: Herstellung PTFE-Membran

(Quelle: Eigene Darstellung)

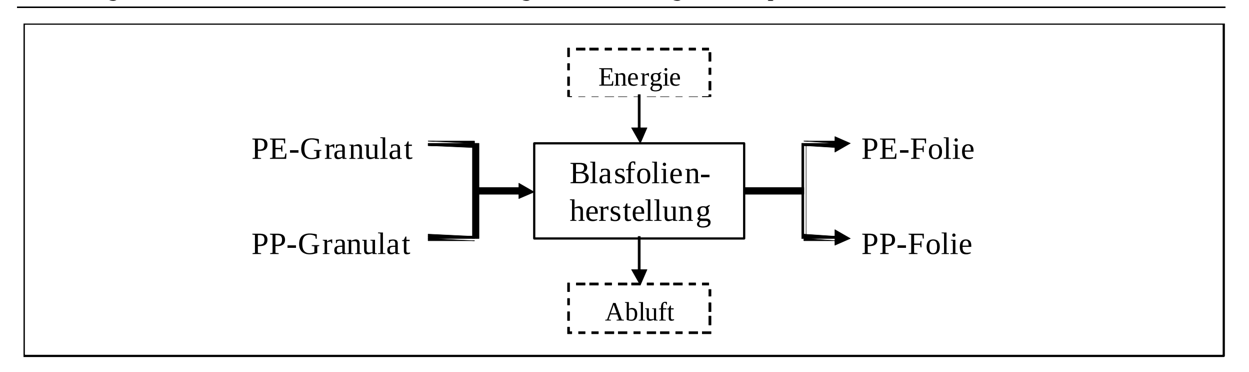


Abb. 58: Herstellung Folie

(Quelle: Eigene Darstellung)

Energie, Wasser, Persulat, Enzyme

Energie

Synthetik-
gewebe

Entschlichten

Thermofixieren

Schlichte zurück zur Webvorbereitung

Abwasserfiltration

Abwasser, Filterkuchen

Energie, Wasser, Wasser-
stoffperozid, Natrium-
hypochlorit, Natriumchlorit

Energie, Wasser, Säure,
Netzmittel, Dispergator,
Egalisiermittel

Bleichen

Färben

Abwasserfiltration

Abwasserfiltration

Abwasser, Filterkuchen

Abwasser, Filterkuchen

Energie, Klebstoff

PTFE-Membran

PP-Folie

PE-Folie

Beschichten

Veredeltes Textil

Abluft

Abb. 59: Textilveredlung Synthetikgewebe

(Quelle: Eigene Darstellung)

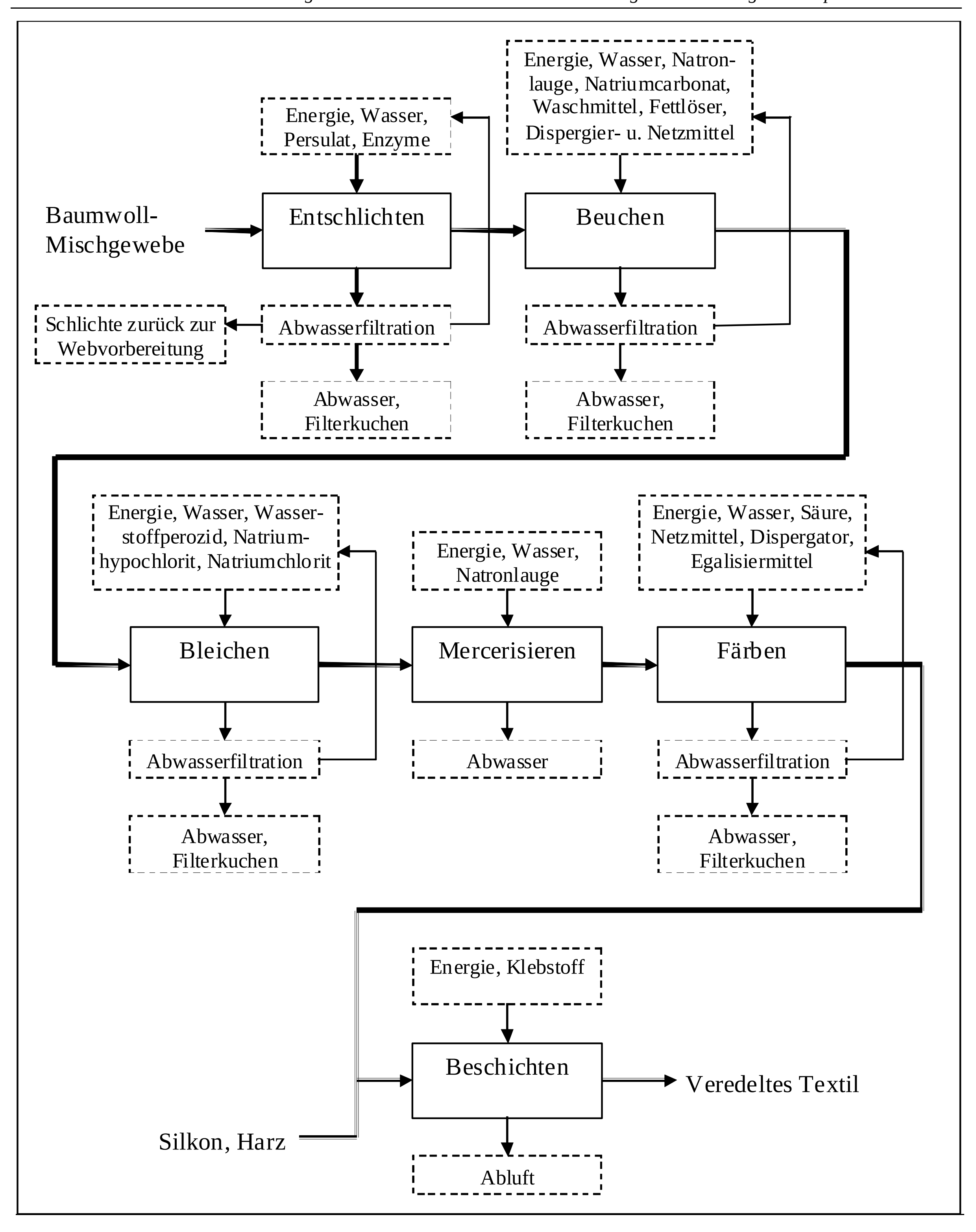


Abb. 60: Textilveredlung Baumwoll-Mischgewebe

(Quelle: Eigene Darstellung)

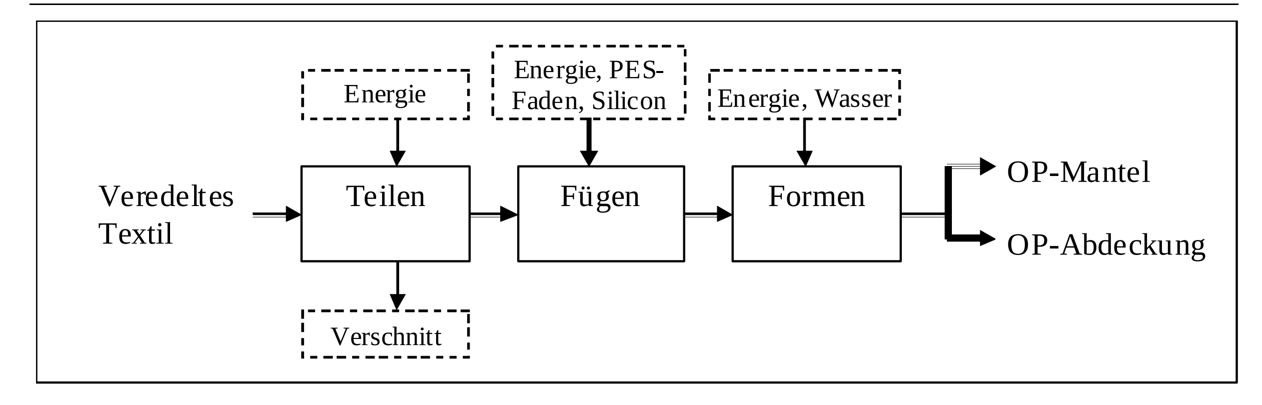


Abb. 61: Konfektion OP-Textilien

(Quelle: Eigene Darstellung)

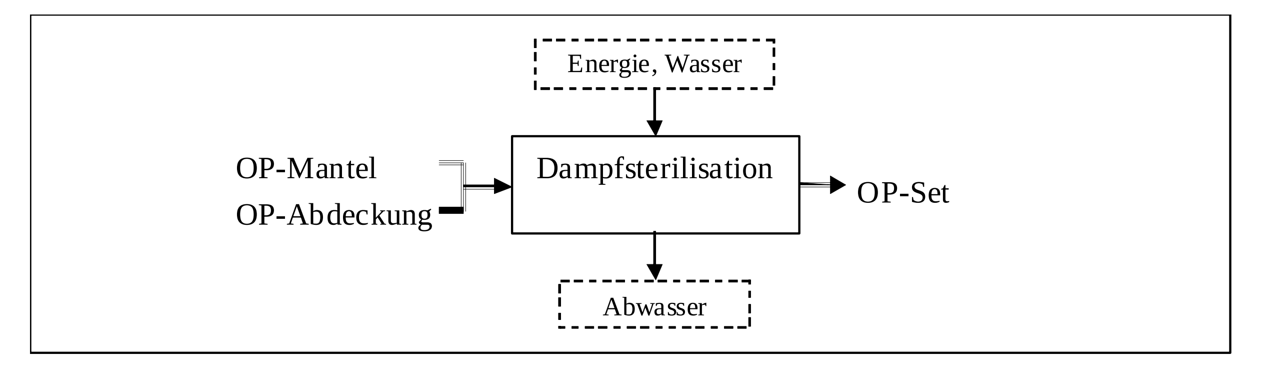


Abb. 62: Dampfsterilisation OP-Textilien

(Quelle: Eigene Darstellung)

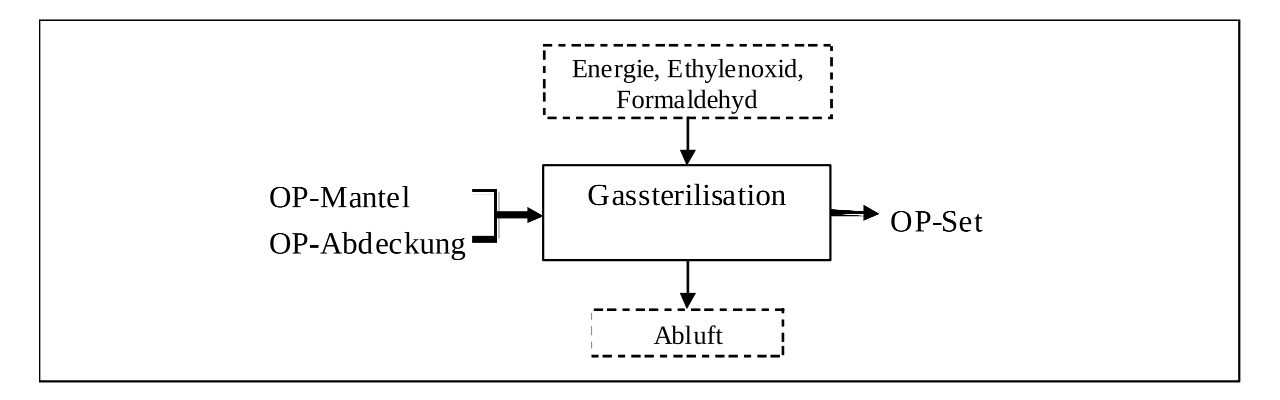


Abb. 63: Gassterilisation OP-Textilien

(Quelle: Eigene Darstellung)

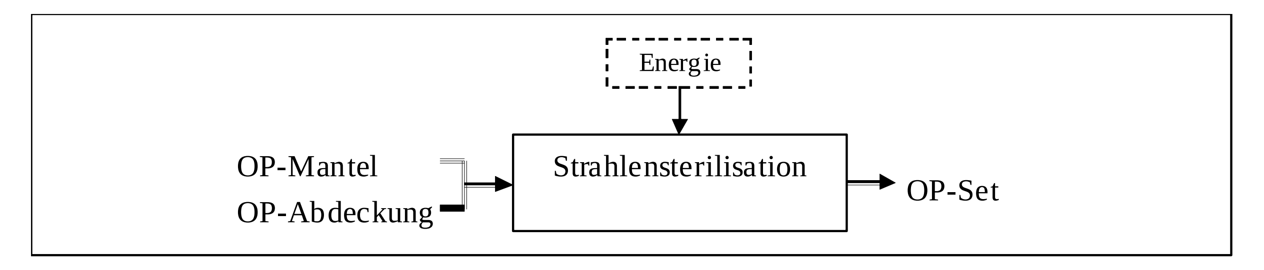


Abb. 64: Strahlensterilisation OP-Textilien

(Quelle: Eigene Darstellung)

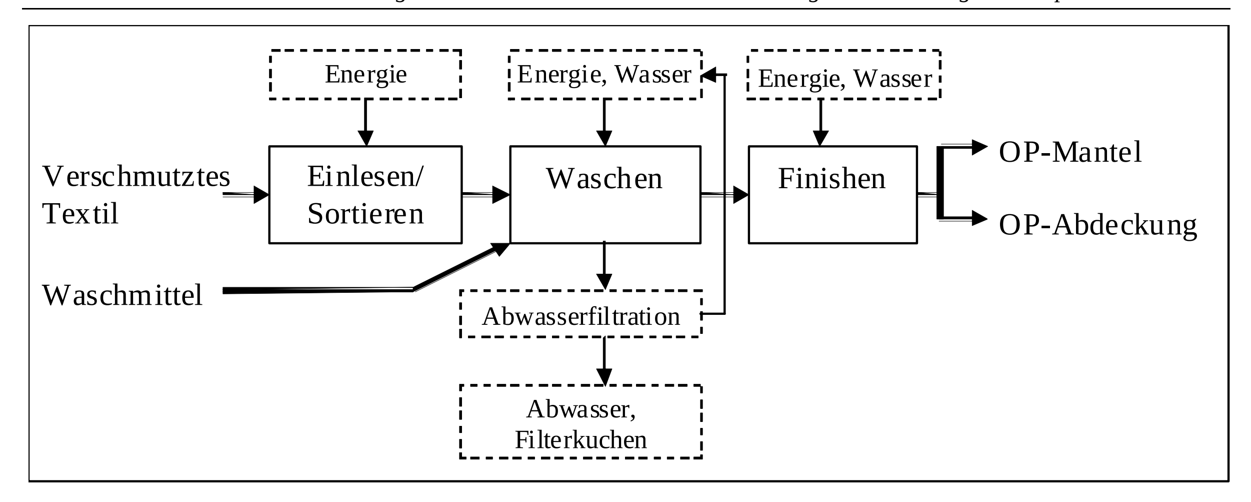


Abb. 65: Wäscherei OP-Textilien

(Quelle: Eigene Darstellung)

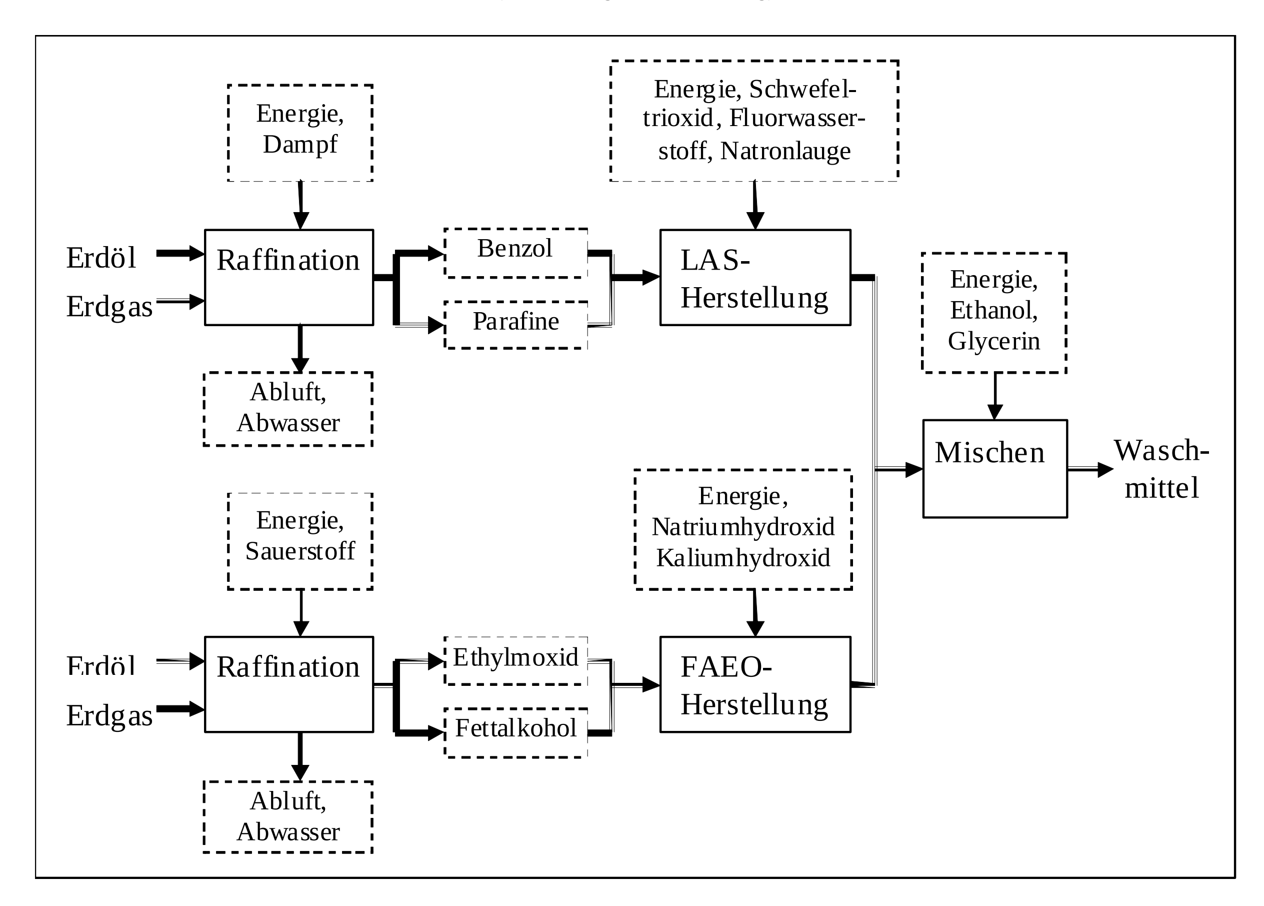


Abb. 66: Herstellung Waschmittel

(Quelle: Eigene Darstellung)

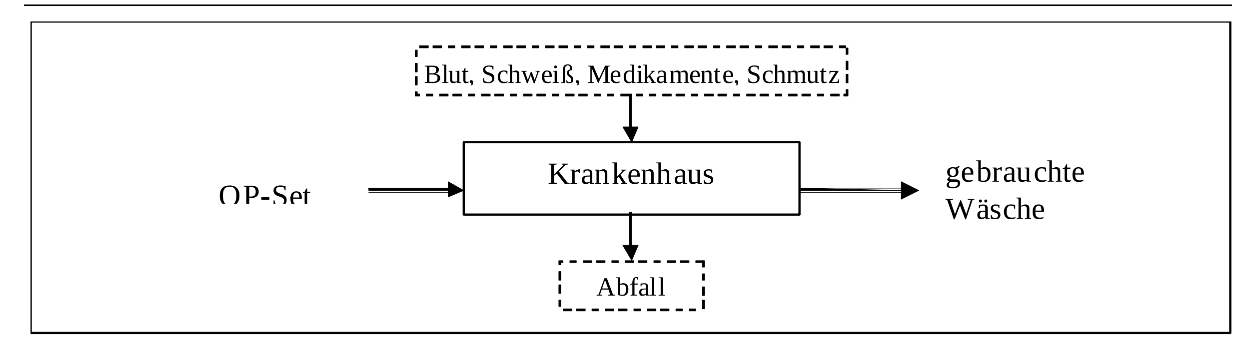


Abb. 67: Nutzung im Krankenhaus

(Quelle: Eigene Darstellung)

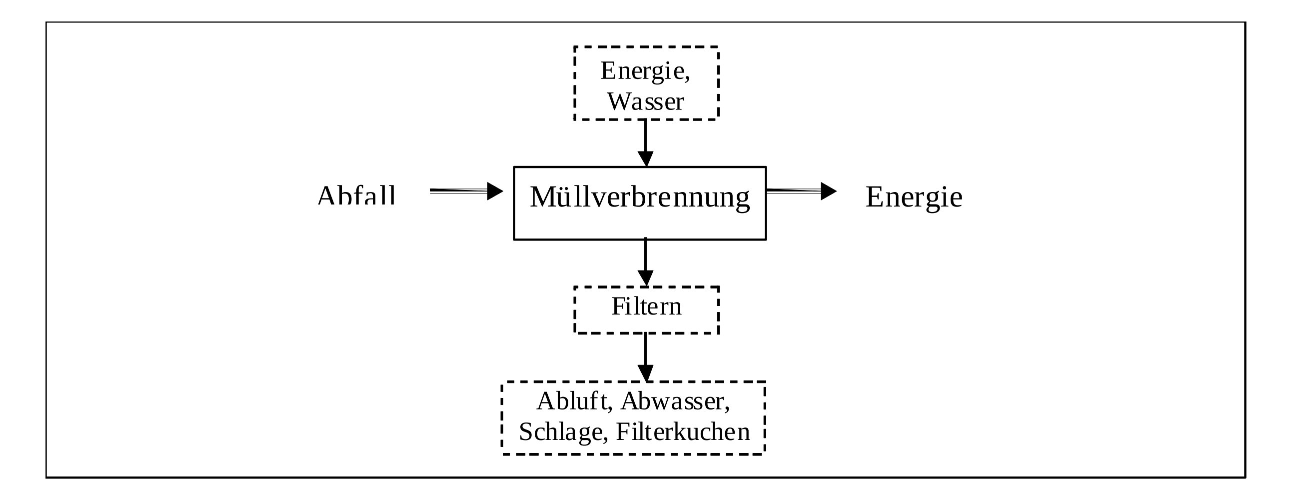


Abb. 68: Müllverbrennung

(Quelle: Eigene Darstellung)

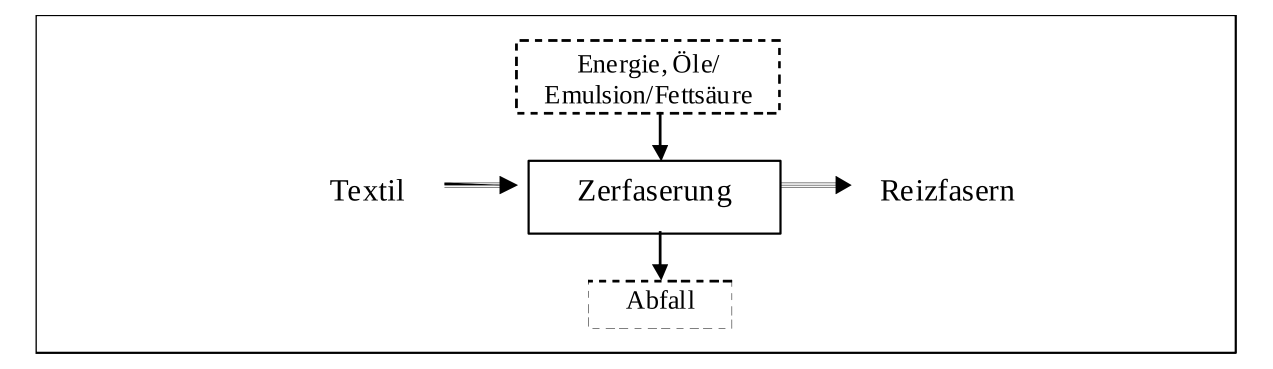


Abb. 69: Textilrecycling

(Quelle: Eigene Darstellung)

Anhang 2: Literaturrecherche

Datenbank: **Karlsruher Virtueller Katalog**			Stand: 11.03.2006		
Schlagwort	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**	**Schlagwort**	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**
Medizintextilien - Ökologie	0		medical textiles - sustainable	0	
Medizintextilien - Ökobilanz	0		medical textiles - life cycle assessment	0	
OP Textilien - Ökologie	15	5	surgical gown - sustainable	0	
OP Textilien - Ökobilanz	1	1	surgical gown - life cycle assessment	0	
OP Textilien - Input	1	0	surgical gown - input	0	
Kunststofffasern - Ökologie	0		plastic fibre - sustainable	0	
Kunststofffasern - Ökobilanz	0		plastic fibre - life cycle assessment	0	
Baumwolle - Ökologie	2	1	cotton - sustainable	0	
Baumwolle - Ökobilanz	1	1	cotton - life cycle assessment	0	
Polymer - Ökologie	5	2	polymeric - sustainable	0	
Polymer - Ökobilanz	0		polymeric - life cycle assessment	0	
Polymer - Input	0		polymeric - input	0	
Zellstoff - Ökologie	3	1	pulp - sustainable	0	
Zellstoff - Ökobilanz	0		pulp - life cycle assessment	0	
Zellstoffherstellung	78	5	chemical pulp manufacture	0	
Weben - Ökologie	0		weaving - sustainable	0	
Weben - Ökobilanz	0		weaving - life cycle assessment	0	
Vlies - Ökologie	0		non-woven - sustainable	0	
Vlies - Ökobilanz	0		non-woven - life cycle assessment	0	
Schlichte - Ökologie	0		size - sustainable	1	0
Schlichte - Ökobilanz	0		size - life cycle assessment	0	
Textil - Farbstoffe - Ökologie	0		textile - dye - sustainable	0	
Textil - Farbstoffe - Ökobilanz	0		textile - dye - life cycle assessment	0	
Waschmittel - Ökologie	18	3	detergent - sustainable	1	1
Waschmittel - Ökobilanz	9	4	detergent - life cycle assessment	1	1
Waschmittelherstellung			detergent - input	0	
Wäscherei - Ökologie	0		laundry - sustainable	0	
Wäscherei - Ökobilanz	1	1	laundry - life cycle assessment	0	
Wäscherei - Input	0		detergent manufacture	4	0
Sterilisation - Ökologie	0		sterilization - sustainable	1	0
Sterilisation - Ökobilanz	0		sterilization - life cycle assessment	0	
Papierherstellung - Ökologie	11	2	paper manufacture - sustainable	0	
Papierherstellung - Ökobilanz	3	2	paper manufacture - life cycle assessment	0	
Kunststoff Beutel - Ökologie	0		plastic bag - sustainable	0	
Kunststoff Beutel - Ökobilanz	0		plastic bag - life cycle assessment	0	

Abb. 70: Ergebnis Recherche KVK

(Quelle: Eigene Darstellung)

Datenbank: **MEDI**			Stand: 07.03.2006		
Schlagwort	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**	**Schlagwort**	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**
Medizintextilien - Ökologie	0		medical textiles - sustainable	5	2
Medizintextilien - Ökobilanz	1	1	medical textiles - life cycle assessment	1	1
OP Textilien - Ökologie	6	3	surgical gown - sustainable	3	3
OP Textilien - Ökobilanz	3	2	surgical gown - life cycle assessment	1	1
OP Textilien - Input	0		surgical gown - input	0	
Kunststofffasern - Ökologie	0		plastic fibre - sustainable	0	
Kunststofffasern - Ökobilanz	0		plastic fibre - life cycle assessment	0	
Baumwolle - Ökologie	13	2	cotton - ecology	0	
Baumwolle - Ökobilanz	1	1	cotton - life cycle assessment	0	
Polymer - Ökologie	29	2	polymeric - sustainable	1	0
Polymer - Ökobilanz	5	2	polymeric - life cycle assessment	0	
Polymer - Input	20	0	polymeric - input	2	0
Zellstoff - Ökologie	2	0	pulp - sustainable	2	0
Zellstoff - Ökobilanz	1	1	pulp - life cycle assessment	0	
Zellstoffherstellung	0		chemical pulp manufacture	6	1
Weben - Ökologie	1	0	weaving - sustainable	1	1
Weben - Ökobilanz	0		weaving - life cycle assessment	0	
Vlies - Ökologie	0		non-woven - sustainable	0	
Vlies - Ökobilanz	0		non-woven - life cycle assessment	0	
Schlichte - Ökologie	0		size - sustainable	7	0
Schlichte - Ökobilanz	0		size - life cycle assessment	0	
Textil - Farbstoffe - Ökologie	1	0	textile - dye - sustainable	0	
Textil - Farbstoffe - Ökobilanz	0		textile - dye - life cycle assessment	0	
Waschmittel - Ökologie	6	3	detergent - sustainable	2	0
Waschmittel - Ökobilanz	3	2	detergent - life cycle assessment	2	1
Waschmittel - Input	0		detergent - input	0	
Wäscherei - Ökologie	4	2	laundry - sustainable	4	2
Wäscherei - Ökobilanz	1	1	laundry - life cycle assessment	2	2
Wäscherei - Input	4	1	detergent manufacture	4	1
Sterilisation - Ökologie	1	1	sterilization - sustainable	1	1
Sterilisation - Ökobilanz	0		sterilization - life cycle assessment	1	1
Papierherstellung - Ökologie	2	1	paper manufacture - sustainable	0	
Papierherstellung - Ökobilanz	1	1	paper manufacture - life cycle assessment	0	
Kunststoff Beutel - Ökologie	0		plastic bag - sustainable	0	
Kunststoff Beutel - Ökobilanz	0		plastic bag - life cycle assessment	0	

Abb. 71: Ergebnis Recherche MEDI

(Quelle: Eigene Darstellung)

Datenbank: **TOGA**			Stand: 12.04.2006		
Schlagwort	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**	**Schlagwort**	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**
Medizintextilien - Ökologie	0		medical textiles - sustainable	4	1
Medizintextilien - Ökobilanz	1	1	medical textiles - life cycle assessment	1	0
OP Textilien - Ökologie	8	2	surgical gown - sustainable	0	
OP Textilien - Ökobilanz	3	1	surgical gown - life cycle assessment	1	1
OP Textilien - Input	0		surgical gown - input	0	
Kunststofffasern	17	0	plastic fibre - sustainable	4	0
			plastic fibre - life cycle assessment	0	
Baumwolle - Ökologie	155	15	cotton - sustainable	52	2
Baumwolle - Ökobilanz	12	1	cotton - life cycle assessment	5	1
Polyester - Input	27	1	polymeric - sustainable	33	0
Polyester - Ökobilanz	11	1	polymeric - life cycle assessment	2	0
Polyester - Herstellung - Bilanz	10	1	polymeric - input	1	0
Zellstoff - Ökologie	40	4	pulp - sustainable	6	1
Zellstoff - Ökobilanz	7	3	pulp - life cycle assessment	1	1
Zellstoffherstellung	35	2	chemical pulp manufacture - use	44	0
Weben - Ökologie	14	0	weaving - sustainable	8	0
Weben - Ökobilanz	2	1	weaving - life cycle assessment	0	
Vlies - Ökologie	16	1	non-woven - sustainable	0	
Vlies - Ökobilanz	1	1	non-woven - life cycle assessment	0	
Schlichte - Ökologie	17	3	size - sustainable	8	0
Schlichte - Ökobilanz	0		size - life cycle assessment	0	
Textil - Farbstoffe - Ökologie	7	1	textile - dye - sustainable	3	1
Textil - Farbstoffe	89	3	textile - dye - life cycle assessment	0	
Waschmittel - Ökologie	98	7	detergent - sustainable	2	1
Waschmittel - Ökobilanz	20	7	detergent - life cycle assessment	9	2
Waschmittel - Input	0		detergent - input	2	0
Wäscherei - Ökologie	18	4	laundry - sustainable	3	0
Wäscherei - Ökobilanz	4	1	laundry - life cycle assessment	7	0
Waschmittelherstellung	31	2	detergent manufacture	44	1
Sterilisation - Verbrauch	2	0	sterilization - sustainable	0	
Sterilisation - Ökobilanz	1	1	sterilization - life cycle assessment	1	1
Papierherstellung - Ökologie	8	0	paper manufacture - sustainable	1	0
Papierherstellung - Ökobilanz	1	2	paper manufacture - life cycle assessment	0	
Kunststoff - Verpackung - Herstellung	85	6	plastic bag - sustainable	0	
Kunststoff - Verpackung - Ökobilanz	1	0	plastic bag - life cycle assessment	0	

Abb. 72: Ergebnis Recherche TOGA

(Quelle: Eigene Darstellung)

Datenbank: **APOLLIT**			Stand: 03.04.2006		
Schlagwort	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**	**Schlagwort**	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**
Medizintextilien - Ökologie	0		medical textiles	27	3
Ökobilanz	44	6			
OP Textilien	1	0	surgical gown	3	2
OP Textilien - Ökobilanz	0				
OP Textilien - Input	0				
Kunststoffasern	19	0	plastic fibre - ecology	1	0
			plastic fibre - life cycle assessment	0	
Baumwolle - Verarbeitung - Analyse	40	0	cotton - ecology	0	
Baumwolle - Ökobilanz	0		cotton - life cycle assessment	0	
Polyester - Hertellung - Textil	11	1	polymeric - ecology	2	1
Polymer - Ökobilanz	0		polymeric - life cycle assessment	0	
Polymer - Input	222	1	polymeric - input	22	0
Zellstoff - Ökologie	0		pulp - ecology	0	
Zellstoff - Ökobilanz	0		pulp - life cycle assessment	0	
Zellstoffherstellung	51	1	chemical pulp manufacture	4	1
Weben	31	2	weaving	87	0
Vlies - Ökologie	0		non-woven - ecology	0	
Vlies - Herstellung	38	2	non-woven - life cycle assessment	0	
Schlichte	72	1	size - ecology	1	1
			size - life cycle assessment	1	1
Textil - Farbstoffe	19	0	textile - dye	66	2
Waschmittel	317	1	detergent - ecology	4	0
			detergent - life cycle assessment	7	1
			detergent - input	7	0
Wäscherei	0		laundry - ecology	1	0
			laundry - life cycle assessment	2	0
Waschmittelherstellung	1	0	detergent manufacture	44	0
Sterilisation	163	4	sterilization - ecology	0	
Papierherstellung - Input	1	0	sterilization - life cycle assessment	0	
Papierherstellung - Ökologie	0		paper manufacture - ecology	0	
Papierherstellung - Ökobilanz	0		paper manufacture - life cycle assessment	2	1
Kunststoff Beutel	0		plastic bag - ecology	0	
Kunststoffbeutel	0		plastic bag - life cycle assessment	0	
Anmerkung: Literaturquelle sind sehr alt. Meist 15 Jahre und älter. Nur wenige Quellen entstammen aktuellen Veröffentlichungen.					

Abb. 73: Ergebnis Recherche APOLLIT

(Quelle: Eigene Darstellung)

Datenbank: **CHINAL**			Stand: 15.03.2006		
Schlagwort	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**	**Schlagwort**	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**
Medizintextilien - Ökologie	0		medical textiles	8	0
Medizintextilien - Ökobilanz	0		life cycle assessment	3	0
OP Textilien - Ökologie	0		surgical gown	33	0
OP Textilien - Ökobilanz	0				
OP Textilien - Input	0				
Kunststofffasern - Ökologie	0		plastic fibre	0	
Kunststofffasern - Ökobilanz	0				
Baumwolle - Ökologie	0		cotton	3	0
Baumwolle - Ökobilanz	0				
Polymer - Ökologie	0		polymeric	151	0
Polymer - Ökobilanz	0				
Polymer - Input	0				
Zellstoff - Ökologie	0		pulp	371	0
Zellstoff - Ökobilanz	0				
Zellstoffherstellung	0		chemical pulp manufacture	0	
Weben - Ökologie	0		weaving	323	0
Weben - Ökobilanz	0				
Vlies - Ökologie	0		non-woven	23	1
Vlies - Ökobilanz	0				
Schlichte - Ökologie	0		size		
Schlichte - Ökobilanz	0				
Textil - Farbstoffe - Ökologie	0		textile - dye	1	0
Textil - Farbstoffe - Ökobilanz	0				
Waschmittel - Ökologie	0		detergent	260	0
Waschmittel - Ökobilanz	0				
Waschmittel - Input	0				
Wäscherei - Ökologie	0		laundry	338	0
Wäscherei - Ökobilanz	0				
Waschmittelherstellung	0		detergent manufacture	0	
Sterilisation - Ökologie	0		sterilisation	228	0
Sterilisation - Ökobilanz	0				
Papierherstellung - Ökologie	0		paper manufacture	0	
Papierherstellung - Ökobilanz	0				
Kunststoff Beutel - Ökologie	0		plastic bag	43	0
Kunststoff Beutel - Ökobilanz	0				
Anmerkung: Breite Datenbasis zu den Medizintextilien, jedoch mit dem Fokus auf die Themen Hygiene, Stoffeigenschaften					

Abb. 74: Ergebnis Recherche CHINAL

(Quelle: Eigene Darstellung)

Datenbank: **SCOPUS**			Stand: 09.03.2006		
Schlagwort	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**	**Schlagwort**	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**
Medizintextilien	2	0	medical textiles - sustainable	5	2
			medical textiles - life cycle assessment	0	
OP Textilien	6	1	surgical gown - production	13	3
			surgical gown - life cycle	2	2
Kunststofffasern	0		plastic fibre - sustainable	7	0
			plastic fibre - life cycle assessment	3	3
Baumwolle	35	4	cotton - sustainable	174	0
Polymer - Ökologie	0		cotton - life cycle assessment	9	5
Polymer - Ökobilanz	63	2	polymeric - sustainable	37	0
Polyester - Ökobilanz	1	1	polyester - life cycle assessment	10	4
Polyester - Herstellung	35	2	polymeric - input analyse	8	0
Zellstoff	116	8	pulp - sustainable		
			pulp - life cycle assessment	70	8
			chemical pulp manufacture - input	4	1
Weben	15	0	weaving - sustainable	20	1
			weaving - life cycle assessment	1	0
Vlies	27	1	non-woven - sustainable	2	0
			non-woven - life cycle assessment	0	
Schlichte	7	0	size - textiles - sustainable	4	0
Schlichtemittel	4	3	size - life cycle assessment	1	1
Textil - Farbstoffe - Ökologie	0	0	textile - dye - sustainable	16	1
Textilveredlung	81	5	textile - dye - life cycle assessment	1	1
Waschmittel	51	2	detergent - sustainable	39	2
			detergent - life cycle assessment	28	5
			detergent - input - analyse	6	1
Wäscherei	9	0	laundry - sustainable	11	1
			laundry - life cycle assessment	13	3
Waschmittelherstellung	2	1	detergent manufacture - input	2	0
Sterilisation - Ökologie	0		sterilization - sustainable	7	0
Sterilisation - Ökobilanz	0		sterilization - life cycle assessment	1	0
Papierherstellung	27	5	paper manufacture - sustainable	6	2
			paper manufacture - life cycle assessment	110	2
Kunststoff Beutel - Ökologie	1	0	plastic bag - sustainable	7	0
			plastic bag - life cycle assessment	1	1

Abb. 75: Ergebnis Recherche SCOPUS

(Quelle: Eigene Darstellung)

Datenbank: **ULIDAT**			Stand: 11.04.2006		
Schlagwort	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**	**Schlagwort**	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**
Medizintextilien	0		medical textiles - sustainable	0	
			medical textiles - life cycle assessment	0	
OP Textilien - Ökologie	40	1	surgical gown - sustainable	0	
OP Textilien - Ökobilanz	61	4	surgical gown	0	
OP Textilien - Input	28	1			
Kunststoffasern - Ökologie	0		plastic fibre - sustainable	0	
Kunststoffasern - Ökobilanz	0		plastic fibre	0	
Baumwolle - Ökologie	10	0	cotton - sustainable	0	
Baumwolle - Ökobilanz	17	2	cotton	0	
Polymer - Ökologie	16	1	polymeric - sustainable	0	
Polymer - Ökobilanz	67	5	polymeric	0	
Polymer - Input Output Analyse	4	1			
Zellstoff - Ökologie	5	2	pulp - sustainable	0	
Zellstoff - Ökobilanz	25	1	pulp	0	
Zellstoffherstellung	16	1	chemical pulp manufacture	0	
Weben	0		weaving - sustainable	0	
			weaving	0	
Vlies	0		non-woven - sustainable	0	
			non-woven	0	
Schlichte	0		size - sustainable	0	
			size	0	
Textil - Farbstoffe - Ökologie	15	1	textile - dye - sustainable	0	
Textil - Farbstoffe - Ökobilanz	29	1	textile - dye	0	
Waschmittel - Ökologie	41	2	detergent - sustainable	0	
Waschmittel - Ökobilanz	107	12	detergent	0	
Waschmittel - Input Output Analyse	9	3			
Wäscherei - Ökologie	3	0	laundry - sustainable	0	
Wäscherei - Ökobilanz	8	3	laundry	0	
Waschmittelherstellung	0		detergent manufacture	0	
Sterilisation - Ökologie	1	0	sterilization - sustainable	0	
Sterilisation - Ökobilanz	0		sterilization - life cycle assessment	0	
Papierherstellung - Ökologie	14	2	paper manufacture - sustainable	0	
Papierherstellung - Ökobilanz	48	3	paper manufacture	0	
Kunststoff Beutel - Ökologie	45	0	plastic bag - sustainable	0	
Kunststoff Beutel Herstellung-Ökobilanz	18	2	plastic bag - life cycle assessment	0	

Abb. 76: Ergebnis Recherche ULIDAT

(Quelle: Eigene Darstellung)

Datenbank: **Google Scholar**			Stand: 15.03.2006		
Schlagwort	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**	**Schlagwort**	**Such-ergebnisse**	**thematische Treffer**
Medizintextilien - Ökologie	1	0	"medical textiles" - sustainable	12	1
Medizintextilien - Ökobilanz	1	0	medical textiles - "life cycle assessment"	123	2
OP Textilien - Ökologie	37	4	surgical gown - sustainable	75	0
OP Textilien - Ökobilanz	16	2	surgical gown - "life cycle assessment"	1	1
OP Textilien - Input	39	1	"surgical gown" - input	29	1
Kunststofffasern - Ökologie	4	1	"plastic fibre" - sustainable	9	0
Kunststofffasern - Ökobilanz	2	0	plastic fibre - "life cycle assessment"	247	3
Baumwolle - Ökologie	316	4	"cotton production" - "sustainable development"	807	2
Baumwolle - Ökobilanz	59	1	cotton - "life cycle assessment"	374	1
Polymer - Ökologie	215	2	polymeric - "sustainable development"	585	0
Polymer - Ökobilanz	84	4	polymeric - "life cycle assessment"	206	2
Polymer - Input Output Analyse	73	1	polymeric - input output analyse	515	0
Zellstoff Herstellung - Ökologie	107	6	"pulp production" - "sustainable development"	415	1
Zellstoff - Ökobilanz	45	3	pulp - "life cycle assessment"	954	0
Zellstoffherstellung - Input	12	1	"chemical pulp" manufacture - LCA	23	0
Weben - Ökologie	78	1	weaving textile - "sustainable development"	631	1
Weben - Ökobilanz	6	1	weaving - "life cycle assessment"	74	0
Vlies - Ökologie	37	1	non-woven - "sustainable development"	99	3
Vlies - Ökobilanz	10	0	non-woven - "life cycle assessment"	48	0
Schlichte - Ökologie	219	2	size textile - "sustainable development"	4120	0
Schlichte - Ökobilanz	8	0	size textile - "life cycle assessment"	326	0
Textil - Farbstoffe - Ökologie	32	0	textile - dye - sustainable	312	1
Textil - Farbstoffe - Ökobilanz	12	0	textile - dye - "life cycle assessment"	70	3
Waschmittel - Ökologie	209	0	detergent - "sustainable development"	921	3
Waschmittel - Ökobilanz	60	1	detergent - "life cycle assessment"	286	4
Waschmittelherstellung	20	2	detergent - input analyse	934	2
Wäscherei - Ökologie	40	2	laundry - "sustainable development"	1860	2
Wäscherei - Ökobilanz	7	3	laundry - "life cycle assessment"	236	23
Wäscherei - Input Output	37	1	"detergent manufacture"	112	0
Sterilisation - Ökologie	93	0	steam sterilization - input analyse	54	2
Sterilisation - Ökobilanz	11	1	sterilization - "life cycle assessment"	52	0
Papierherstellung - Ökologie	75	1	"paper manufacture" - sustainable	313	4
Papierherstellung - Ökobilanz	30	2	"paper manufacture" - "life cycle assessment"	30	2
Kunststoff Beutel - Ökologie	18	0	"plastic bag" - "sustainable development"	306	2
Kunststoff Beutel - Ökobilanz	11	0	plastic bag - life cycle assessment	47	0
Amerkung: Jeweils immer die erste 100 Treffer bewertet					

Abb. 77: Ergebnis Recherche Google Scholar

(Quelle: Eigene Darstellung)

Quelle	Datenerzeuger	Veröffentlichung	Art der Veröffentlichung	Datenqualität	Betrachtete Region	Zeitraum
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) (2004)	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Würtenberg, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, TVI-Verband, Verband TEGEWA	2004	Forschungsbericht	mittel	Deutschland	k.A.
Beeh, M. u.a. (2003)	Kannegießer, wfk, Institut Hohenstein	2003	Forschungsbericht	hoch	Deutschland	k.A.
British Textile Technology Group (Hrsg.) (1999a)	British Textile Technology Group	1999	Forschungsbericht	mittel	Grossbritanien	k.A.
British Textile Technology Group (Hrsg.) (1999b)	British Textile Technology Group	1999	Forschungsbericht	mittel	Grossbritanien	k.A.
Cedergren, J. u.a. (2001)	k.A.	2001	Forschungsbericht	niedrig	weltweit	k.A.
Dall´Acqua, S. u.a. (1999)	EMPA St.Gallen, Abteilung Ökologie	1999	Forschungsbericht	mittel bis hoch	Westeuropa	1986 - 1999
Das, T.K.; Houtman, C. (2004)	Washington Department of Ecology	2004	Zeitungsartikel	mittel	USA	k.A.
Dehoust, G. u.a. (1999)	Öko-Institut	1999	Forschungsbericht	hoch	Deutschland	1998
Doshi, M.J.; Bhat, P. (1997)	Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf	1997	Zeitungsartikel	mittel	k.A.	k.A.
Dutta, P.K. (1996)		1996	Zeitungsartikel	niedrig	Indien	k.A.
Eberle, U.; Grießhammer, R. (2001)	Öko-Institut	2001	Forschungsbericht	hoch	Deutschland	2000
Eibl, M.; Mangeng, B.; Albert, S. (1997)	Lenzing AG	1997	Zeitungsartikel	mittel	Österreich	k.A.
ESU (Hrsg.) (o. J.)		o. J.	Internetdatenbank www.probas.umweltbundesamt.de	hoch	Schweiz	k.A.
Europäische Kommission (Hrsg.) (2003)		2003	Forschungsbericht	hoch	Europa	k.A.
Fourne, F. (1995)		1995	Monographie	niedrig	k.A.	k.A.
Früh, R. (1997)		1997	Forschungsbericht	niedrig	Deutschland	k.A.
Frydental, J. (2001)	Sophus Berendsen S/A, Technical Univeristy of Denmark	2001	Forschungsbericht	hoch	Deutschland, Skandinavien	1995-1998
Gartiser, S. u.a. (2000)	Hydrotox, ETH-Zürich, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Würtenberg	2000	Forschungsbericht	hoch	Deutschland	1999
GEMIS 4.3 (2005)	Öko-Institut u.a.	2005	Datenbank	hoch	weltweit	

Quelle	Datenerzeuger	Ver-öffent-lichung	Art der Veröffent-lichung	Daten-qualität	Betrachtete Region	Zeit-raum
Gesellschaft für Verpackungsmarkt forschung (Hrsg.) (2004)	Gesellschaft für umfassende Analysen (GUA)	2004	Forschungs-bericht	mittel	Deutschland	2002
Girbau (Hrsg.) (2004)	Girbau	2004	Unternehmens-prospekt	hoch	weltweit	k.A.
Goverment of Catalonia (Hrsg.) (2002)	Regional Activity Centre for Cleaner Produktion	2002	Forschungs-bericht	mittel	Mittelmeer-raum	k.A.
Grieshammer, R.; Bunke, D.; Gensch, C.-O. (1997)	Öko-Institut	1997	Forschungs-bericht	niedrig	Deutschland	k.A.
Habersatter, K. u.a. (1996a)	EMPA St.Gallen, Abteilung Ökologie/ Kreislaufwirtschaft	1996	Forschungs-bericht	hoch	Schweiz	1992-1994
Habersatter, K. u.a. (1996b)	EMPA St.Gallen, Abteilung Ökologie/ Kreislaufwirtschaft	1996	Forschungs-bericht	hoch	Schweiz	1992-1995
Hansen, D. (1994)	COGNIS	1994	Forschungs-bericht	mittel	Deutschland	1984-1991
Heilmann, A. (2000)	TU Dresden	2000	Dissertation	mittel	Deutschland	k.A.
Hirsinger, F. u.a. (1995)		1995	Zeitungsartikel	hoch	weltweit	k.A.
Initiative 2000 plus (Hrsg.) (2004)	Forum Ökologie & Papier	2004	Monographie	niedrig	Deutschland	k.A.
Intex (Hrsg.) (o.J.)	Industrieverband Textil Service e.V.	o.J.	Branchen-information	mittel	Deutschland	2001
Jödicke, A. (2001)	Jödicke, A; ETH Zürich	2001	Dissertation	mittel	Schweiz	k.A.
Kalliala, E. (1997)	Tampere University of Technology	1997	Dissertation	mittel	Finnland	k.A.
Kalliala, E.; Nousiainen, P. (1999)	Tampere University of Technology	1999	Zeitungsartikel	niedrig	Scandinavien	k.A.
Kohlert, C.; Thalmann, W. (1992)		1992	Zeitungsartikel	mittel	Deutschland	1991
Lacasse, K.; Baumann, W. (2004)	INFU-Institut, UBA	2004	Monographie	hoch	Deutschland	k.A.
Laursen, S. u.a. (1997)	DTI Clothing and Textiles; dk-Teknik	1997	Forschungs-bericht	mittel	k.A.	1982-1996
Laursen, S. u.a. (2006)	Technologisches Institut; Institut für Produktentwicklung , Dänische Technische Universität	2006	Forschungs-bericht	mittel	Dänemark	1990
Meister, G.; Sixta, H. (1997)	Lenzing AG	1997	Zeitungsartikel	mittel	Österreich	1996
MMM Münchener Medizin Mechanik (Hrsg.) (o.J.)	MMM Münchener Medizin Mechanik GmbH	o.J.	Unternehmens-prospekt	hoch	weltweit	k.A.

Quelle	Datenerzeuger	Ver-öffent-lichung	Art der Veröffent-lichung	Daten-qualität	Betrachtete Region	Zeit-raum
Öko-Institut (Hrsg.) (2000)	Öko-Institut	2000	Internet-datenbank www.probas.umweltbundesamt.de	hoch	Deutschland	1985 - 1993
Otterpohl, R.; Behrend, J. (o.J.)	TU Hamburg-Harburg	o.J.	Forschungs-bericht	niedrig	Deutschland	k.A.
Patel, M. (1999)	Frauenhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationstechnik	1999	Forschungs-bericht	mittel	Deutschland	1995
Pfitzner, R.; Behrendt, S. (2000)	Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung	2000	Monographie	mittel	Deutschland	1997
PlasticsEurope (Hrsg.) (2005)	Plastics Europe	2005	Internet-datenbank www.lca.plasticseurope.org	hoch	Europa	k.A.
Projekt OP-Textilien, TU Dresden	TU Dresden	nicht Veröffentlicht	Forschungs-projekt	niedrig	Deutschland	2005
Rahm, H. (1999)		1999	Zeitungsartikel	niedrig	Deutschland	k.A.
Schönberger, H. (2001)		2001	Forschungs-bericht	mittel	Deutschland	k.A.
Schönberger, H.; Schäfer, T. (2003)		2003	Forschungs-bericht	hoch	Deutschland	k.A.
Schonert, M. u.a. (2002)	IFEU-Institut, Prognos AG, UBA	2002	Forschungs-bericht	mittel	Deutschland	2000
Smith, G.G.; Barker, R.H. (1995)	American Fiber Manufactures Association	1995	Zeitungsartikel	niedrig	USA	k.A.
Smulders, E. u.a. (2002)	Henkel KGaA	2002	Monographie	niedrig	weltweit	k.A.
Stalmans, M. u.a. (1995)	CEFIC, Franklin Associates Ltd.	1995	Zeitungsartikel	hoch	Europa	k.A.
Trauter, J.; Scholze, U. (1996)	Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf	1996	Zeitungsartikel	niedrig	Deutschland	k.A.
Trauth, J. (2000)		2000	Monographie	niedrig	Deutschland	1997
Umweltbundesamt (Hrsg.) (2004)	Consultic GmbH, u.a.	2004	Forschungs-bericht	niedrig	Deutschland	k.A.
van Wersch, K. (1997)	A. Monforts Textilmachinen GmbH & Co.	1997	Zeitungsartikel	mittel	Deutschland	k.A.
Visvanathan, C. u.a. (2000)	Asian Institute of Technology	2000	Forschungs-bericht	mittel	Thailand	1996-1998
Wagner, G. (2005)	Universität Kassel	2005	Monographie	niedrig	Deutschland	k.A.
Wiegmann, K. (2002)	Öko-Institut	2002	Dokumentation	hoch	weltweit	1997-1999
Zippel, F. (1999)		1999	Monographie	mittel	Deutschland	1995-1997

Abb. 78: Bewertung der Qualität der ausgewerteten Quellen

(Quelle: Eigene Darstellung)

Anhang 3: Auswertung der Sachbilanz

	Modul / Auswirkung	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Wäscherei	Waschmittel	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Input	Elektrizität	4,62E+01 MJ	1,17E+01 MJ	1,92E+01 MJ	6,80E+00 MJ	3,72E+00 MJ	2,72E-01 MJ	1,55E+01 MJ	3,47E+00 MJ	1,07E-01 MJ		1,95E+02 MJ	**1819,6 MJ**
	Prozesswärme												**0,0000 MJ**
	Farbstoff				2,08E+01 g								**20,8 g**
	Textilgrund-chemikalien				2,67E+02 g								**266,6 g**
	Textilhilfsmittel				6,49E+01 g								**64,9 g**
	Waschkraft-verstärker								3,58E+00 g				**286,8 g**
	Waschmittel								1,72E+01 g				**1376,4 g**
Output	Abwasser	1,27E+02 l	4,79E-01 l		9,87E+01 l			1,57E+01 l	1,22E+01 l	1,25E-01			**2470,9 l**
	Fernwärme										2,63E+00 MJ		**2,6310 MJ**
	Elektrizität										7,02E+00 MJ		**7,0185 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	-3,02E-11 MJ	-3,00E-12 MJ	-5,51E-12 MJ	-1,75E-12 MJ	-8,83E-13 MJ	-7,01E-14 MJ	-5,19E-02 MJ	-8,93E-13 MJ	-1,31E-14 MJ		-2,50E-11 MJ	**-4,1494 MJ**
	Atomkraft	3,48E+01 MJ	1,09E+01 MJ	2,00E+01 MJ	6,35E+00 MJ	3,21E+00 MJ	2,54E-01 MJ	1,33E+01 MJ	3,24E+00 MJ	1,34E-02 MJ		9,18E+01 MJ	**1504,9 MJ**
	Biomasse	1,57E+00 MJ	4,94E-01 MJ	9,07E-01 MJ	2,88E-01 MJ	1,45E-01 MJ	1,15E-02 MJ	8,78E-01 MJ	1,47E-01 MJ	2,62E-03 MJ		4,13E+00 MJ	**90,4 MJ**
	Braunkohle	2,68E+01 MJ	8,41E+00 MJ	1,55E+01 MJ	4,91E+00 MJ	2,48E+00 MJ	1,97E-01 MJ	8,65E+00 MJ	2,51E+00 MJ	3,98E-02 MJ		7,16E+01 MJ	**1035,5 MJ**
	Eisen-Schrott	2,73E+01 g	1,41E+00 g	2,58E+00 g	8,21E-01 g	4,14E-01 g	3,29E-02 g	1,70E+00 g	4,19E-01 g	7,71E-04 g		1,18E+01 g	**215,3 g**
	Erdgas	1,51E+01 MJ	2,94E+00 MJ	4,87E+00 MJ	1,71E+00 MJ	8,65E-01 MJ	6,86E-02 MJ	3,37E+00 MJ	1,02E+00 MJ	2,20E-01 MJ		4,78E-01 MJ	**397,7 MJ**
	Erdöl	1,59E+00 MJ	4,07E-01 MJ	7,48E-01 MJ	2,38E-01 MJ	1,20E-01 MJ	9,52E-03 MJ	9,17E-01 MJ	1,21E-01 MJ	1,46E-01 MJ		3,58E+00 MJ	**101,9 MJ**
	Erze	2,03E+01 g	4,92E+00 g	9,03E+00 g	2,87E+00 g	1,45E+00 g	1,15E-01 g	6,05E+00 g	1,47E+00 g	4,37E-03 g		4,11E+01 g	**687,2 g**
	Fe-Schrott	1,14E-08 g	1,75E-09 g	3,21E-09 g	1,02E-09 g	5,15E-10 g	4,08E-11 g	2,11E-09 g	5,21E-10 g	7,64E-12 g		1,46E-08 g	**0,0000 g**
	Geothermie	1,01E-03 MJ	3,08E-05 MJ	5,66E-05 MJ	1,80E-05 MJ	9,07E-06 MJ	7,20E-07 MJ	3,71E-05 MJ	9,18E-06 MJ	1,93E-09 MJ		2,57E-04 MJ	**0,0051 MJ**
	Luft	1,01E+00 g	2,45E-01 g	4,51E-01 g	1,43E-01 g	7,23E-02 g	5,74E-03 g	1,16E+00 g	7,31E-02 g	1,36E-04 g		2,05E+00 g	**103,0 g**
	Mineralien	6,72E+02 g	4,75E+01 g	8,72E+01 g	2,77E+01 g	1,40E+01 g	1,11E+00 g	5,74E+01 g	1,42E+01 g	1,11E-02 g		4,79E+02 g	**7108,7 g**
	Müll	8,41E+00 MJ	2,63E+00 MJ	4,83E+00 MJ	1,53E+00 MJ	7,74E-01 MJ	6,14E-02 MJ	3,17E+00 MJ	7,83E-01 MJ	1,15E-04 MJ		2,20E+01 MJ	**359,4 MJ**
	NE-Schrott	3,41E-02 g	8,65E-03 g	1,59E-02 g	5,05E-03 g	2,55E-03 g	2,02E-04 g	1,04E-02 g	2,58E-03 g	1,69E-06 g		1,45E-01 g	**1,2618 g**
	Sekundärrohstoffe	4,68E-02 MJ	1,25E-02 MJ	2,30E-02 MJ	7,31E-03 MJ	3,69E-03 MJ	2,93E-04 MJ	1,51E-02 MJ	3,74E-03 MJ	2,88E-03 MJ		1,05E-01 MJ	**1,9512 MJ**
	Steinkohle	3,11E+01 MJ	7,67E+00 MJ	1,41E+01 MJ	4,48E+00 MJ	2,26E+00 MJ	1,79E-01 MJ	8,12E+00 MJ	2,29E+00 MJ	4,83E-05 MJ		6,47E+01 MJ	**966,4 MJ**
	Wasser	3,64E+03 l	1,11E+01 l	2,03E+01 l	5,16E+00 l	3,26E+00 l	2,14E+00 l	2,49E+01 l	1,22E+01 l	3,48E-01 l		9,67E+01 l	**6937,1 l**
	Wasserkraft	1,93E+00 MJ	5,81E-01 MJ	1,07E+00 MJ	3,39E-01 MJ	1,71E-01 MJ	1,36E-02 MJ	7,04E-01 MJ	1,73E-01 MJ	1,63E-03 MJ		4,90E+00 MJ	**80,0 MJ**
	Wind	6,39E-01 MJ	2,01E-01 MJ	3,68E-01 MJ	1,17E-01 MJ	5,91E-02 MJ	4,69E-03 MJ	2,42E-01 MJ	5,98E-02 MJ	8,67E+01 MJ		1,68E+00 MJ	**6959,5 MJ**

Abb. 79: Sachbilanz Kittel A HP (Teil 1)

(Quelle: Eigene Darstellung)

Auswirkung	Modul	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Wäscherei	Waschmittel	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Luftemissionen	As	8,83E-05 g	3,22E-05 g	5,92E-05 g	1,88E-05 g	9,49E-06 g	7,53E-07 g	3,88E-05 g	9,60E-06 g	8,69E-09 g	-1,90E-06 g	2,69E-04 g	**0,0044 g**
	Cd	2,87E-05 g	9,96E-06 g	1,83E-05 g	5,81E-06 g	2,93E-06 g	2,33E-07 g	1,06E-05 g	2,97E-06 g	1,11E-06 g	5,20E-06 g	8,32E-05 g	**0,0013 g**
	CH4	1,20E+01 g	3,86E+00 g	6,80E+00 g	2,16E+00 g	1,09E+00 g	8,65E-02 g	3,04E+00 g	1,10E+00 g	4,44E-02 g	-2,96E-01 g	3,12E+01 g	**396,3 g**
	CO	3,12E+01 g	8,93E-01 g	1,27E+00 g	4,04E-01 g	2,04E-01 g	1,62E-02 g	1,76E+00 g	2,06E-01 g	5,93E-02 g	1,05E-01 g	5,82E+00 g	**203,0 g**
	CO2	6,27E+03 g	1,95E+03 g	3,57E+03 g	1,14E+03 g	5,73E+02 g	4,55E+01 g	2,19E+03 g	5,80E+02 g	1,35E+02 g	2,89E+02 g	1,64E+04 g	**264932,4 g**
	Cr	8,12E-05 g	2,95E-05 g	5,42E-05 g	1,72E-05 g	8,69E-06 g	6,89E-07 g	3,55E-05 g	8,79E-06 g	5,93E-09 g	-2,96E-06 g	2,46E-04 g	**0,0040 g**
	H2S	3,12E-05 g	7,14E-06 g	1,31E-05 g	4,16E-06 g	2,10E-06 g	1,67E-07 g	4,62E-02 g	2,13E-06 g	2,96E-09 g	9,03E-04 g	1,56E-04 g	**3,6951 g**
	HCl	1,76E-01 g	5,52E-02 g	1,01E-01 g	3,22E-02 g	1,63E-02 g	1,29E-03 g	4,01E-02 g	1,64E-02 g	1,46E-03 g	1,73E-03 g	4,68E-01 g	**5,5547 g**
	HF	1,12E-02 g	3,96E-03 g	7,28E-03 g	2,31E-03 g	1,17E-03 g	9,26E-05 g	4,32E-03 g	1,18E-03 g	6,28E-05 g	-9,82E-05 g	3,33E-02 g	**0,5088 g**
	Hg	9,40E-05 g	3,46E-05 g	6,36E-05 g	2,02E-05 g	1,02E-05 g	8,10E-07 g	3,56E-05 g	1,03E-05 g	3,78E-07 g	-6,37E-07 g	2,89E-04 g	**0,0043 g**
	N2O	2,58E+00 g	7,37E-01 g	1,30E-01 g	4,12E-02 g	2,08E-02 g	1,65E-03 g	7,31E-02 g	2,11E-02 g	1,89E-04 g	-7,03E-03 g	6,05E-01 g	**11,4888 g**
	NH3	1,02E+00 g	6,12E-06 g	1,12E-05 g	3,57E-06 g	1,80E-06 g	1,43E-07 g	4,19E-03 g	1,82E-06 g	1,22E-03 g	2,77E-05 g	7,89E-04 g	**1,4580 g**
	Ni	2,54E-04 g	7,90E-05 g	1,45E-04 g	4,61E-05 g	2,33E-05 g	1,85E-06 g	9,37E-05 g	2,35E-05 g	2,70E-05 g	-4,68E-06 g	6,60E-04 g	**0,0128 g**
	NMVOC	6,12E-01 g	1,34E-01 g	2,46E-01 g	7,81E-02 g	3,94E-02 g	3,13E-03 g	4,76E-01 g	3,99E-02 g	1,11E-01 g	5,41E-03 g	1,12E+00 g	**52,6 g**
	NOx	1,37E+01 g	2,06E+00 g	3,79E+00 g	1,20E+00 g	6,07E-01 g	4,82E-02 g	3,79E+00 g	6,14E-01 g	1,15E-01 g	2,64E-01 g	1,75E+01 g	**403,0 g**
	PAH	1,60E-07 g	9,25E-10 g	1,70E-09 g	5,39E-10 g	2,72E-10 g	2,16E-11 g	1,62E-07 g	2,75E-10 g	9,92E-07 g	1,39E-08 g	7,77E-09 g	**0,0001 g**
	Pb	2,86E-04 g	2,97E-04 g	1,87E-04 g	5,94E-05 g	3,00E-05 g	2,38E-06 g	1,06E-04 g	3,04E-05 g	3,11E-06 g	1,02E-04 g	8,51E-04 g	**0,0130 g**
	PCDD/F	3,69E-10 g	5,99E-11 g	1,10E-10 g	3,50E-11 g	1,76E-11 g	1,40E-12 g	7,22E-11 g	1,79E-11 g	1,86E-14 g	8,89E-12 g	5,01E-10 g	**0,0000 g**
	Perfluoraethan	7,59E-05 g	2,89E-05 g	5,30E-05 g	1,68E-05 g	8,50E-06 g	6,75E-07 g	3,48E-05 g	8,60E-06 g	2,71E-09 g	-3,66E-07 g	2,41E-04 g	**0,0039 g**
	Perfluormethan	1,28E-05 g	3,63E-06 g	6,67E-06 g	2,12E-06 g	1,07E-06 g	8,48E-08 g	4,37E-06 g	1,08E-06 g	2,15E-08 g	-2,91E-06 g	3,03E-05 g	**0,0005 g**
	SO2	6,32E+00 g	2,15E+00 g	2,30E+00 g	7,31E-01 g	3,69E-01 g	2,93E-02 g	2,45E+00 g	3,73E-01 g	1,51E-01 g	-1,18E-01 g	1,10E+01 g	**262,0 g**
	Staub	1,55E+00 g	8,99E-01 g	3,12E-01 g	9,91E-02 g	5,00E-02 g	3,97E-03 g	6,86E-01 g	5,06E-02 g	4,50E-02 g	-1,61E-02 g	7,24E+00 g	**72,6 g**
	TOPP-Äquivalent	3,63E+01 g	2,74E+00 g	5,04E+00 g	1,60E+00 g	8,08E-01 g	6,41E-02 g	2,58E+00 g	8,17E-01 g		1,37E-02	2,33E+01	**345,0 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	1,34E+03 g	1,10E-03 g	2,01E-03 g	6,40E-04 g	3,23E-04 g	2,56E-05 g	7,10E-01 g	3,27E-04 g	5,12E+00 g	-2,19E-04 g	1,15E+01 g	**1815,9 g**
	AOX	6,41E-07 g	8,20E-08 g	1,51E-07 g	3,82E-02 g	2,42E-08 g	1,92E-09 g	9,72E+00 g	2,44E-08 g	3,74E-05 g	2,72E-07 g	7,15E-07 g	**777,6 g**
	Arsen (As)	5,62E-11 g	2,12E-11 g	3,90E-11 g	1,24E-11 g	6,25E-12 g	4,96E-13 g	3,25E-06 g	6,32E-12 g	3,20E-06 g	3,74E-09 g	5,75E-10 g	**0,0005 g**
	Blei (Pb)	8,96E-10 g	3,38E-10 g	6,21E-10 g	1,97E-10 g	9,95E-11 g	7,90E-12 g	1,34E-05 g	1,01E-10 g	8,88E-06 g	5,96E-08 g	9,16E-09 g	**0,0018 g**
	BSB5	1,24E-02 g	4,87E-03 g	6,74E-03 g	2,03E+01 g	1,08E-03 g	8,58E-05 g	2,08E+00 g	1,03E+00 g	8,00E-03 g	-4,47E-04 g	3,07E-02 g	**269,8 g**
	Cadmium (Cd)	1,37E-10 g	5,18E-11 g	9,52E-11 g	1,86E-11	1,53E-11 g	1,21E-12 g	2,51E-07	1,54E-11 g	1,06E-05 g	9,10E-09 g	1,40E-09 g	**0,0009 g**
	Chrom (Cr)	1,36E-10 g	4,85E-11 g	9,42E-11 g	2,06E-02 g	1,51E-11 g	1,20E-12 g	1,67E-05 g	1,53E-11 g	4,97E-05 g	9,03E-09 g	1,39E-09 g	**0,0259 g**
	CSB	4,37E-01 g	1,35E-01 g	2,39E-01 g	7,56E+01 g	3,83E-02 g	3,04E-03 g	1,41E+01 g	3,88E-02 g	4,56E-02 g	-2,29E-02 g	2,52E+01 g	**1238,7 g**
	Phosphor (P)	7,04E-06 g	6,08E-07 g	1,12E-06 g	1,31E-01 g	1,79E-07 g	1,42E-08 g	1,17E-02 g	2,56E-07 g	2,66E-09 g	-6,34E-08 g	5,08E-06 g	**1,0635 g**
	Quecksilber (Hg)	6,87E-11 g	2,59E-11 g	4,76E-11 g	1,51E-11 g	7,63E-12 g	6,06E-13 g	4,02E-09 g	7,72E-12 g	2,13E-08 g	4,57E-09 g	7,02E-10 g	**0,0000 g**
	Stickstoff (N)	4,63E-04 g	3,59E-05 g	6,59E-05 g	1,08E+00 g	1,06E-05 g	8,39E-07 g	7,37E-02 g	2,51E-02 g	3,31E-03 g	3,00E-05 g	3,03E-04 g	**9,2482 g**
Abfall	Abraum	2,31E+04 g	8,49E+03 g	1,56E+04 g	4,95E+03 g	2,50E+03 g	1,99E+02 g	8,72E+03 g	2,53E+03 g	4,19E-03 g	-1,14E+03 g	7,10E+04 g	**1034777,8 g**
	Asche	5,94E+01 g	1,76E+02 g	3,23E+02 g	1,02E+02 g	5,17E+01 g	4,11E+00 g	1,96E+02 g	5,23E+01 g	7,31E-02 g	8,59E+01 g	1,47E+03 g	**22325,3 g**
	Klärschlamm	4,44E+01 g	5,70E-03 g	1,05E-02 g	1,68E+02 g	1,68E-03 g	1,33E-04 g	7,79E+00 g	1,70E-03 g	1,33E-05 g	-5,94E-04 g	4,76E-02 g	**835,7 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	6,64E+01 g	4,00E-03 g	7,34E-03 g	2,33E-03 g	1,18E-03 g	9,34E-05 g	4,81E-03 g	1,19E-03 g	1,90E-07 g	-4,01E-04 g	3,34E-02 g	**66,9 g**
	Produktionsabfall	5,65E+03 g	5,12E+01 g	2,01E+00 g	1,49E+00 g	4,27E+01 g	5,97E-02 g	5,61E+00 g	7,61E-01 g	2,53E+00 g	-3,82E-01 g	7,39E+01 g	**6488,9 g**
	REA-Reststoff	9,52E+01 g	3,64E+01 g	6,45E+01 g	2,05E+01 g	1,03E+01 g	8,21E-01 g	3,87E+01 g	1,05E+01 g	8,60E-03 g	8,17E+00 g	2,93E+02 g	**4504,4 g**

Abb. 80: Sachbilanz Kittel A HP (Teil 2)

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Modul / Auswirkung	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Wäscherei	Waschmittel	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Input	Elektrizität	2,73E+01 MJ	4,86E+00 MJ	5,20E+00 MJ	5,20E+00 MJ	3,72E+00 MJ	1,53E-01 MJ	1,55E+01 MJ	1,95E+00 MJ	6,00E-02 MJ		9,81E+01 MJ	**1554,3 MJ**
	Prozesswärme												**0,0000 MJ**
	Farbstoff				1,24E+01 g								**12,4 g**
	Textilgrund-chemikalien				5,00E+01 g								**49,9634 g**
	Textilhilfsmittel				4,82E+01 g								**48,2 g**
	Waschkraft-verstärker								2,02E+00 g				**161,2 g**
	Waschmittel								9,67E+00 g				**773,8 g**
Output	Abwasser	7,13E-02 l			4,88E+01 l			1,57E+01 l	6,87E+00 l	7,02E-02			**1861,7 l**
	Fernwärme										1,48E+00 MJ		**1,4790 MJ**
	Elektrizität										3,95E+00 MJ		**3,9454 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	-7,02E-12 MJ	-1,25E-12 MJ	-1,34E-12 MJ	-1,34E-12 MJ	-8,83E-13 MJ	-3,94E-14 MJ	-5,19E-02 MJ	-5,02E-13 MJ	-7,37E-15 MJ		-1,16E-11 MJ	**-4,1494 MJ**
	Atomkraft	2,55E+01 MJ	4,54E+00 MJ	4,86E+00 MJ	4,86E+00 MJ	3,21E+00 MJ	1,43E-01 MJ	1,33E+01 MJ	1,82E+00 MJ	7,56E-03 MJ		4,26E+01 MJ	**1307,5 MJ**
	Biomasse	1,16E+00 MJ	2,06E-01 MJ	2,20E-01 MJ	2,21E-01 MJ	1,45E-01 MJ	6,49E-03 MJ	8,78E-01 MJ	8,27E-02 MJ	1,47E-03 MJ		2,01E+00 MJ	**81,5 MJ**
	Braunkohle	1,97E+01 MJ	3,51E+00 MJ	3,75E+00 MJ	3,76E+00 MJ	2,48E+00 MJ	1,11E-01 MJ	8,65E+00 MJ	1,41E+00 MJ	2,24E-02 MJ		3,54E+01 MJ	**883,8 MJ**
	Eisen-Schrott	3,29E+00 g	5,87E-01 g	6,28E-01 g	6,28E-01 g	4,14E-01 g	1,85E-02 g	1,70E+00 g	2,36E-01 g	4,33E-04 g		5,48E+00 g	**167,1 g**
	Erdgas	6,87E+00 MJ	1,22E+00 MJ	2,66E-01 MJ	1,31E+00 MJ	8,65E-01 MJ	3,86E-02 MJ	3,37E+00 MJ	5,71E-01 MJ	1,24E-01 MJ		2,22E-01 MJ	**338,7 MJ**
	Erdöl	9,53E-01 MJ	1,70E-01 MJ	1,82E-01 MJ	1,82E-01 MJ	1,20E-01 MJ	5,35E-03 MJ	9,17E-01 MJ	6,82E-02 MJ	8,22E-02 MJ		1,66E+00 MJ	**89,1 MJ**
	Erze	1,15E+01 g	2,05E+00 g	2,19E+00 g	2,20E+00 g	1,45E+00 g	6,46E-02 g	6,05E+00 g	8,24E-01 g	2,45E-03 g		1,91E+01 g	**593,8 g**
	Fe-Schrott	4,09E-09 g	7,28E-10 g	7,80E-10 g	7,80E-10 g	5,15E-10 g	2,30E-11 g	2,11E-09 g	2,93E-10 g	4,29E-12 g		6,91E-09 g	**0,0000 g**
	Geothermie	7,21E-05 MJ	1,28E-05 MJ	1,37E-05 MJ	1,38E-05 MJ	9,07E-06 MJ	4,05E-07 MJ	3,71E-05 MJ	5,16E-06 MJ	1,08E-09 MJ		1,23E-04 MJ	**0,0037 MJ**
	Luft	5,74E-01 g	1,02E-01 g	1,09E-01 g	1,10E-01 g	7,23E-02 g	3,22E-03 g	1,16E+00 g	4,11E-02 g	7,65E-05 g		1,07E+01 g	**108,1 g**
	Mineralien	1,11E+02 g	1,98E+01 g	2,12E+01 g	2,12E+01 g	1,40E+01 g	6,24E-01 g	5,74E+01 g	7,96E+00 g	6,23E-03 g		2,22E+02 g	**5686,0 g**
	Müll	6,15E+00 MJ	1,10E+00 MJ	1,17E+00 MJ	1,17E+00 MJ	7,74E-01 MJ	3,45E-02 MJ	3,17E+00 MJ	4,40E-01 MJ	6,44E-05 MJ		1,02E+01 MJ	**311,9 MJ**
	NE-Schrott	2,02E-02 g	3,61E-03 g	3,86E-03 g	3,86E-03 g	2,55E-03 g	1,14E-04 g	1,04E-02 g	1,45E-03 g	9,52E-07 g		6,71E-02 g	**1,0604 g**
	Sekundärrohstoffe	2,93E-02 MJ	5,22E-03 MJ	5,59E-03 MJ	5,60E-03 MJ	3,69E-03 MJ	1,65E-04 MJ	1,51E-02 MJ	2,10E-03 MJ	1,62E-03 MJ		4,86E-02 MJ	**1,6173 MJ**
	Steinkohle	1,80E+01 MJ	3,20E+00 MJ	3,42E+00 MJ	3,43E+00 MJ	2,26E+00 MJ	1,01E-01 MJ	8,12E+00 MJ	1,29E+00 MJ	2,71E-05 MJ		3,00E+01 MJ	**821,0 MJ**
	Wasser	2,59E+01 l	4,61E+00 l	4,94E+00 l	2,36E+00 l	3,26E+00 l	1,20E+00 l	2,49E+01 l	6,87E+00 l	1,96E-01 l		4,50E+01 l	**2740,6 l**
	Wasserkraft	1,36E+00 MJ	2,42E-01 MJ	2,59E-01 MJ	2,60E-01 MJ	1,71E-01 MJ	7,64E-03 MJ	7,04E-01 MJ	9,73E-02 MJ	9,14E-04 MJ		2,28E+00 MJ	**69,4 MJ**
	Wind	4,69E-01 MJ	8,36E-02 MJ	8,95E-02 MJ	8,96E-02 MJ	5,91E-02 MJ	2,64E-03 MJ	2,42E-01 MJ	3,36E-02 MJ	4,87E+01 MJ		7,78E-01 MJ	**3920,6 MJ**

Abb. 81: Sachbilanz Kittel A SP (Teil 1)

(Quelle: Eigene Darstellung)

Auswirkung	Modul	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Wäscherei	Waschmittel	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Luftemissionen	As	4,65E-05 g	1,34E-05 g	1,44E-05 g	1,44E-05 g	9,49E-06 g	4,23E-07 g	3,88E-05 g	5,40E-06 g	4,89E-09 g	-1,07E-06 g	1,25E-04 g	**0,0038 g**
	Cd	1,51E-05 g	4,15E-06 g	4,44E-06 g	4,45E-06 g	2,93E-06 g	1,31E-07 g	1,06E-05 g	1,67E-06 g	6,27E-07 g	2,93E-06 g	3,93E-05 g	**0,0011 g**
	CH4	6,35E+00 g	1,66E+00 g	1,65E+00 g	1,65E+00 g	1,09E+00 g	4,86E-02 g	3,04E+00 g	6,20E-01 g	2,50E-02 g	-1,66E-01 g	1,45E+01 g	**325,4 g**
	CO	1,65E+01 g	4,38E-01 g	3,09E-01 g	3,09E-01 g	2,04E-01 g	9,09E-03 g	1,76E+00 g	1,16E-01 g	3,33E-02 g	5,92E-02 g	2,70E+00 g	**174,3 g**
	CO2	3,30E+03 g	8,11E+02 g	8,68E+02 g	8,69E+02 g	5,73E+02 g	2,56E+01 g	2,19E+03 g	3,26E+02 g	7,58E+01 g	1,62E+02 g	7,62E+03 g	**223570,5 g**
	Cr	4,28E-05 g	1,23E-05 g	1,32E-05 g	1,32E-05 g	8,69E-06 g	3,87E-07 g	3,55E-05 g	4,94E-06 g	3,33E-09 g	-1,66E-06 g	1,14E-04 g	**0,0035 g**
	H2S	1,67E-05 g	2,97E-06 g	3,18E-06 g	3,19E-06 g	2,10E-06 g	9,38E-08 g	4,62E-02 g	1,20E-06 g	1,66E-09 g	5,08E-04 g	7,23E-05 g	**3,6945 g**
	HCl	9,28E-02 g	2,30E-02 g	2,46E-02 g	2,46E-02 g	1,63E-02 g	7,25E-04 g	4,01E-02 g	9,24E-03 g	8,18E-04 g	9,75E-04 g	2,20E-01 g	**4,4689 g**
	HF	5,90E-03 g	1,65E-03 g	1,77E-03 g	1,77E-03 g	1,17E-03 g	5,21E-05 g	4,32E-03 g	6,64E-04 g	3,53E-05 g	-5,52E-05 g	1,55E-02 g	**0,4332 g**
	Hg	4,95E-05 g	1,44E-05 g	1,55E-05 g	1,55E-05 g	1,02E-05 g	4,55E-07 g	3,56E-05 g	5,80E-06 g	2,12E-07 g	-3,58E-07 g	1,40E-04 g	**0,0036 g**
	N2O	1,36E+00 g	5,24E-01 g	3,15E-02 g	3,16E-02 g	2,08E-02 g	9,29E-04 g	7,31E-02 g	1,18E-02 g	1,06E-04 g	-3,95E-03 g	6,28E-01 g	**9,4647 g**
	NH3	5,40E-01 g	2,55E-06 g	2,73E-06 g	2,73E-06 g	1,80E-06 g	8,04E-08 g	4,19E-03 g	1,03E-06 g	6,88E-04 g	1,56E-05 g	3,66E-04 g	**0,9301 g**
	Ni	1,34E-04 g	3,29E-05 g	3,53E-05 g	3,53E-05 g	2,33E-05 g	1,04E-06 g	9,37E-05 g	1,32E-05 g	1,52E-05 g	-2,63E-06 g	3,06E-04 g	**0,0104 g**
	NMVOC	3,22E-01 g	5,58E-02 g	5,98E-02 g	5,98E-02 g	3,94E-02 g	1,76E-03 g	4,76E-01 g	2,24E-02 g	6,23E-02 g	3,04E-03 g	5,22E-01 g	**46,1 g**
	NOx	7,20E+00 g	8,59E-01 g	9,20E-01 g	9,20E-01 g	6,07E-01 g	2,71E-02 g	3,79E+00 g	3,45E-01 g	6,49E-02 g	1,48E-01 g	8,35E+00 g	**357,0 g**
	PAH	8,43E-08 g	3,85E-10 g	4,13E-10 g	4,13E-10 g	2,72E-10 g	1,21E-11 g	1,62E-07 g	1,55E-10 g	5,58E-07 g	7,82E-09 g	3,61E-09 g	**0,0001 g**
	Pb	1,51E-04 g	1,87E-04 g	4,55E-05 g	4,55E-05 g	3,00E-05 g	1,34E-06 g	1,06E-04 g	1,71E-05 g	1,75E-06 g	5,72E-05 g	3,95E-04 g	**0,0110 g**
	PCDD/F	1,94E-10 g	2,50E-11 g	2,67E-11 g	2,68E-11 g	1,76E-11 g	7,87E-13 g	7,22E-11 g	1,00E-11 g	1,05E-14 g	5,00E-12 g	2,54E-10 g	**0,0000 g**
	Perfluoraethan	4,00E-05 g	1,20E-05 g	1,29E-05 g	1,29E-05 g	8,50E-06 g	3,79E-07 g	3,48E-05 g	4,84E-06 g	1,52E-09 g	-2,06E-07 g	1,12E-04 g	**0,0034 g**
	Perfluormethan	6,77E-06 g	1,51E-06 g	1,62E-06 g	1,62E-06 g	1,07E-06 g	4,77E-08 g	4,37E-06 g	6,08E-07 g	1,21E-08 g	-1,64E-06 g	1,41E-05 g	**0,0004 g**
	SO2	3,33E+00 g	1,19E+00 g	5,59E-01 g	5,59E-01 g	3,69E-01 g	1,65E-02 g	2,45E+00 g	2,10E-01 g	8,50E-02 g	-6,65E-02 g	5,12E+00 g	**232,1 g**
	Staub	8,17E-01 g	6,11E-01 g	7,58E-02 g	7,59E-02 g	5,00E-02 g	2,23E-03 g	6,86E-01 g	2,85E-02 g	2,53E-02 g	-9,03E-03 g	1,40E+02 g	**201,4 g**
	TOPP-Äquivalent	1,91E+01 g	1,14E+00 g	1,22E+00 g	1,22E+00 g	8,08E-01 g	3,60E-02 g	2,58E+00 g	4,59E-01 g		7,70E-03	1,58E+01	**285,3 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	7,05E+02 g	4,57E-04 g	4,89E-04 g	4,90E-04 g	3,23E-04 g	1,44E-05 g	7,10E-01 g	1,84E-04 g	2,88E+00 g	-1,23E-04 g	6,16E+00 g	**998,2 g**
	AOX	3,38E-07 g	3,42E-08 g	3,66E-08 g	2,99E-02 g	2,42E-08 g	1,08E-09 g	9,72E+00 g	1,37E-08 g	2,10E-05 g	1,53E-07 g	3,52E-07 g	**777,5 g**
	Arsen (As)	2,96E-11 g	8,84E-12 g	9,47E-12 g	9,48E-12 g	6,25E-12 g	2,79E-13 g	3,25E-06 g	3,55E-12 g	1,80E-06 g	2,10E-09 g	1,66E-09 g	**0,0004 g**
	Blei (Pb)	4,72E-10 g	1,41E-10 g	1,51E-10 g	1,51E-10 g	9,95E-11 g	4,44E-12 g	1,34E-05 g	5,66E-11 g	4,99E-06 g	3,35E-08 g	4,97E-09 g	**0,0015 g**
	BSB5	6,51E-03 g	2,42E-03 g	1,64E-03 g	1,50E+01 g	1,08E-03 g	4,82E-05 g	2,08E+00 g	5,79E-01 g	4,49E-03 g	-2,51E-04 g	1,43E-02 g	**228,1 g**
	Cadmium (Cd)	7,24E-11 g	2,16E-11 g	2,31E-11 g	0,00E+00	1,53E-11 g	6,81E-13 g	2,51E-07	8,68E-12 g	5,96E-06 g	5,12E-09 g	6,52E-10 g	**0,0005 g**
	Chrom (Cr)	7,16E-11 g	1,93E-11 g	2,29E-11 g	3,22E-03 g	1,51E-11 g	6,74E-13 g	1,67E-05 g	8,59E-12 g	2,79E-05 g	5,08E-09 g	6,45E-10 g	**0,0068 g**
	CSB	2,30E-01 g	5,82E-02 g	5,81E-02 g	5,29E+01 g	3,83E-02 g	1,71E-03 g	1,41E+01 g	2,18E-02 g	2,56E-02 g	-1,29E-02 g	1,17E+01 g	**1199,0 g**
	Phosphor (P)	3,71E-06 g	2,53E-07 g	2,71E-07 g	2,72E-07 g	1,79E-07 g	7,99E-09 g	1,17E-02 g	1,44E-07 g	1,50E-09 g	-3,56E-08 g	2,36E-06 g	**0,9325 g**
	Quecksilber (Hg)	3,62E-11 g	1,08E-11 g	1,16E-11 g	1,16E-11 g	7,63E-12 g	3,41E-13 g	4,02E-09 g	4,34E-12 g	1,20E-08 g	2,57E-09 g	3,26E-10 g	**0,0000 g**
	Stickstoff (N)	2,44E-04 g	1,50E-05 g	1,60E-05 g	6,41E-01 g	1,06E-05 g	4,72E-07 g	7,37E-02 g	1,41E-02 g	1,86E-03 g	1,69E-05 g	1,41E-04 g	**7,8157 g**
Abfall	Abraum	1,22E+04 g	3,54E+03 g	3,79E+03 g	3,79E+03 g	2,50E+03 g	1,12E+02 g	8,72E+03 g	1,42E+03 g	2,35E-03 g	-6,41E+02 g	3,29E+04 g	**878315,7 g**
	Asche	3,13E+01 g	7,32E+01 g	7,84E+01 g	7,84E+01 g	5,17E+01 g	2,31E+00 g	1,96E+02 g	2,94E+01 g	4,11E-02 g	4,83E+01 g	6,83E+02 g	**19235,5 g**
	Klärschlamm	2,34E+01 g	2,38E-03 g	2,55E-03 g	6,16E+01 g	1,68E-03 g	7,50E-05 g	7,79E+00 g	9,55E-04 g	7,48E-06 g	-3,34E-04 g	2,21E-02 g	**708,6 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	3,50E+01 g	1,66E-03 g	1,78E-03 g	1,78E-03 g	1,18E-03 g	5,25E-05 g	4,81E-03 g	6,69E-04 g	1,07E-07 g	-2,25E-04 g	1,55E-02 g	**35,4 g**
	Produktionsabfall	2,98E+03 g	2,84E+00 g	2,05E+00 g	1,14E+00 g	4,27E+01 g	3,36E-02 g	5,61E+00 g	4,28E-01 g	1,42E+00 g	-2,15E-01 g	3,43E+01 g	**3659,1 g**
	REA-Reststoff	5,01E+01 g	1,46E+01 g	1,57E+01 g	1,57E+01 g	1,03E+01 g	4,62E-01 g	3,87E+01 g	5,88E+00 g	4,84E-03 g	4,59E+00 g	1,36E+02 g	**3851,3 g**

Abb. 82: Sachbilanz Kittel A SP (Teil 2)

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Modul / Auswirkung	**Rohstoff-herstellung**	**Faser-herstellung**	**Flächen-gebilde-herstellung**	**Textil-veredlung**	**Konfektion**	**Sterilisation**	**Verpackung**	**Wäscherei**	**Waschmittel**	**Entsorgung**	**Wasserauf-bereitung**	**Summe**
Input	Elektrizität	3,09E+01 MJ	4,73E+00 MJ	4,48E+00 MJ	5,07E+00 MJ	3,72E+00 MJ	2,07E-01 MJ	3,46E+00 MJ	2,64E+00 MJ	8,13E-02 MJ		1,27E+02 MJ	**687,4 MJ**
	Prozesswärme												**0,0000 MJ**
	Farbstoff				1,21E+01 g								**12,1 g**
	Textilgrund-chemikalien				4,87E+01 g								**48,7 g**
	Textilhilfsmittel				4,70E+01 g								**47,0 g**
	Waschkraft-verstärker								2,73E+00 g				**218,4 g**
	Waschmittel								1,31E+01 g				**1048,3 g**
Output	Abwasser	6,95E-02 l			4,75E+01 l			3,48E+00 l	9,30E+00 l	9,52E-02			**1077,9 l**
	Fernwärme										2,00E+00 MJ		**2,0038 MJ**
	Elektrizität										5,35E+00 MJ		**5,3453 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	6,17E-02 MJ	-1,22E-12 MJ	-1,15E-12 MJ	-1,30E-12 MJ	-8,83E-13 MJ	-5,34E-14 MJ	-2,91E-02 MJ	-6,80E-13 MJ	-9,99E-15 MJ		-1,64E-11 MJ	**-2,2639 MJ**
	Atomkraft	2,65E+01 MJ	4,42E+00 MJ	4,19E+00 MJ	4,74E+00 MJ	3,21E+00 MJ	1,94E-01 MJ	3,04E+00 MJ	2,47E+00 MJ	1,02E-02 MJ		5,99E+01 MJ	**560,1 MJ**
	Biomasse	1,37E+00 MJ	2,01E-01 MJ	1,90E-01 MJ	2,15E-01 MJ	1,45E-01 MJ	8,79E-03 MJ	2,21E-01 MJ	1,12E-01 MJ	2,00E-03 MJ		2,70E+00 MJ	**32,3 MJ**
	Braunkohle	1,92E+01 MJ	3,42E+00 MJ	3,24E+00 MJ	3,66E+00 MJ	2,48E+00 MJ	1,50E-01 MJ	1,94E+00 MJ	1,91E+00 MJ	3,03E-02 MJ		4,68E+01 MJ	**401,2 MJ**
	Eisen-Schrott	3,21E+00 g	5,72E-01 g	5,41E-01 g	6,12E-01 g	4,14E-01 g	2,51E-02 g	3,80E-01 g	3,19E-01 g	5,87E-04 g		7,68E+00 g	**71,0 g**
	Erdgas	1,49E+01 MJ	1,19E+00 MJ	1,13E+00 MJ	1,28E+00 MJ	8,65E-01 MJ	5,23E-02 MJ	8,68E-01 MJ	7,74E-01 MJ	1,67E-01 MJ		3,12E-01 MJ	**168,6 MJ**
	Erdöl	7,34E+00 MJ	1,65E-01 MJ	1,57E-01 MJ	1,77E-01 MJ	1,20E-01 MJ	7,25E-03 MJ	3,11E-01 MJ	9,24E-02 MJ	1,11E-01 MJ		2,34E+00 MJ	**52,1 MJ**
	Erze	1,12E+01 g	2,00E+00 g	1,89E+00 g	2,14E+00 g	1,45E+00 g	8,76E-02 g	1,40E+00 g	1,12E+00 g	3,33E-03 g		2,68E+01 g	**253,8 g**
	Fe-Schrott	3,98E-09 g	7,10E-10 g	6,72E-10 g	7,60E-10 g	5,15E-10 g	3,11E-11 g	4,72E-10 g	3,96E-10 g	5,82E-12 g		9,53E-09 g	**0,0000 g**
	Geothermie	1,17E-02 MJ	1,25E-05 MJ	1,19E-05 MJ	1,34E-05 MJ	9,07E-06 MJ	5,49E-07 MJ	8,32E-06 MJ	6,99E-06 MJ	1,47E-09 MJ		1,68E-04 MJ	**0,0132 MJ**
	Luft	6,80E+01 g	9,96E-02 g	9,44E-02 g	1,07E-01 g	7,23E-02 g	4,37E-03 g	5,51E-01 g	5,57E-02 g	1,04E-04 g		1,34E+00 g	**118,6 g**
	Mineralien	1,08E+02 g	1,93E+01 g	1,83E+01 g	2,07E+01 g	1,40E+01 g	8,46E-01 g	1,29E+01 g	1,08E+01 g	8,44E-03 g		3,13E+02 g	**2455,4 g**
	Müll	6,03E+00 MJ	1,07E+00 MJ	1,01E+00 MJ	1,14E+00 MJ	7,74E-01 MJ	4,68E-02 MJ	7,09E-01 MJ	5,96E-01 MJ	8,72E-05 MJ		1,43E+01 MJ	**132,6 MJ**
	NE-Schrott	1,97E-02 g	3,51E-03 g	3,33E-03 g	3,76E-03 g	2,55E-03 g	1,54E-04 g	2,33E-03 g	1,96E-03 g	1,29E-06 g		9,44E-02 g	**0,4836 g**
	Sekundärrohstoffe	2,86E-02 MJ	5,09E-03 MJ	4,82E-03 MJ	5,45E-03 MJ	3,69E-03 MJ	2,23E-04 MJ	3,38E-03 MJ	2,84E-03 MJ	2,19E-03 MJ		6,84E-02 MJ	**0,8076 MJ**
	Steinkohle	1,94E+01 MJ	3,12E+00 MJ	2,95E+00 MJ	3,34E+00 MJ	2,26E+00 MJ	1,37E-01 MJ	1,88E+00 MJ	1,74E+00 MJ	3,68E-05 MJ		4,22E+01 MJ	**374,2 MJ**
	Wasser	7,89E+01 l	4,49E+00 l	4,26E+00 l	2,30E+00 l	3,26E+00 l	1,63E+00 l	5,62E+00 l	9,30E+00 l	2,65E-01 l		6,31E+01 l	**1501,2 l**
	Wasserkraft	1,32E+00 MJ	2,36E-01 MJ	2,24E-01 MJ	2,53E-01 MJ	1,71E-01 MJ	1,03E-02 MJ	1,71E-01 MJ	1,32E-01 MJ	1,24E-03 MJ		3,20E+00 MJ	**30,6 MJ**
	Wind	4,67E-01 MJ	8,14E-02 MJ	7,71E-02 MJ	8,73E-02 MJ	5,91E-02 MJ	3,57E-03 MJ	5,41E-02 MJ	4,55E-02 MJ	6,60E+01 MJ		1,09E+00 MJ	**5289,7 MJ**

Abb. 83: Sachbilanz Kittel B HP (Teil 1)

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Modul / Auswirkung	**Rohstoff-herstellung**	**Faser-herstellung**	**Flächen-gebilde-herstellung**	**Textil-veredlung**	**Konfektion**	**Sterilisation**	**Verpackung**	**Wäscherei**	**Waschmittel**	**Entsorgung**	**Wasserauf-bereitung**	**Summe**
Luftemissionen	As	4,53E-05 g	1,31E-05 g	1,24E-05 g	1,40E-05 g	9,49E-06 g	5,74E-07 g	8,70E-06 g	7,31E-06 g	6,62E-09 g	-1,45E-06 g	1,76E-04 g	**0,0016 g**
	Cd	1,48E-05 g	4,04E-06 g	3,83E-06 g	4,33E-06 g	2,93E-06 g	1,77E-07 g	2,37E-06 g	2,26E-06 g	8,49E-07 g	3,96E-06 g	5,43E-05 g	**0,0005 g**
	CH4	1,22E+01 g	1,61E+00 g	1,42E+00 g	1,61E+00 g	1,09E+00 g	6,59E-02 g	7,77E-01 g	8,40E-01 g	3,38E-02 g	-2,26E-01 g	2,04E+01 g	**175,5 g**
	CO	1,70E+01 g	4,27E-01 g	2,66E-01 g	3,01E-01 g	2,04E-01 g	1,23E-02 g	4,11E-01 g	1,57E-01 g	4,52E-02 g	8,03E-02 g	3,80E+00 g	**72,1 g**
	CO2	3,86E+03 g	7,90E+02 g	7,48E+02 g	8,47E+02 g	5,73E+02 g	3,46E+01 g	5,13E+02 g	4,42E+02 g	1,03E+02 g	2,20E+02 g	1,07E+04 g	**105113,8 g**
	Cr	8,83E-05 g	1,20E-05 g	1,13E-05 g	1,28E-05 g	8,69E-06 g	5,25E-07 g	7,96E-06 g	6,69E-06 g	4,52E-09 g	-2,25E-06 g	1,61E-04 g	**0,0015 g**
	H2S	4,65E-05 g	2,90E-06 g	2,75E-06 g	3,11E-06 g	2,10E-06 g	1,27E-07 g	1,03E-02 g	1,62E-06 g	2,25E-09 g	6,88E-04 g	1,02E-04 g	**0,8215 g**
	HCl	1,25E-01 g	2,24E-02 g	2,12E-02 g	2,40E-02 g	1,63E-02 g	9,83E-04 g	1,03E-02 g	1,25E-02 g	1,11E-03 g	1,32E-03 g	3,06E-01 g	**2,5095 g**
	HF	6,95E-03 g	1,61E-03 g	1,52E-03 g	1,72E-03 g	1,17E-03 g	7,05E-05 g	1,03E-03 g	8,99E-04 g	4,78E-05 g	-7,48E-05 g	2,18E-02 g	**0,1988 g**
	Hg	7,81E-05 g	1,41E-05 g	1,33E-05 g	1,51E-05 g	1,02E-05 g	6,17E-07 g	8,00E-06 g	7,86E-06 g	2,88E-07 g	-4,85E-07 g	1,89E-04 g	**0,0017 g**
	N2O	1,33E+00 g	5,10E-01 g	2,72E-02 g	3,08E-02 g	2,08E-02 g	1,26E-03 g	1,64E-02 g	1,60E-02 g	1,44E-04 g	-5,36E-03 g	3,95E-01 g	**5,0128 g**
	NH3	5,71E-01 g	2,49E-06 g	2,35E-06 g	2,66E-06 g	1,80E-06 g	1,09E-07 g	9,27E-04 g	1,39E-06 g	9,33E-04 g	2,11E-05 g	5,15E-04 g	**0,7202 g**
	Ni	2,15E-04 g	3,21E-05 g	3,04E-05 g	3,44E-05 g	2,33E-05 g	1,41E-06 g	2,10E-05 g	1,79E-05 g	2,06E-05 g	-3,57E-06 g	4,31E-04 g	**0,0056 g**
	NMVOC	3,15E-01 g	5,44E-02 g	5,15E-02 g	5,83E-02 g	3,94E-02 g	2,38E-03 g	1,88E-01 g	3,04E-02 g	8,44E-02 g	4,12E-03 g	7,35E-01 g	**25,7 g**
	NOx	8,72E+00 g	8,37E-01 g	7,93E-01 g	8,97E-01 g	6,07E-01 g	3,67E-02 g	9,82E-01 g	4,68E-01 g	8,79E-02 g	2,01E-01 g	1,15E+01 g	**149,5 g**
	PAH	3,95E-04 g	3,75E-10 g	3,56E-10 g	4,02E-10 g	2,72E-10 g	1,65E-11 g	3,59E-08 g	2,10E-10 g	7,56E-07 g	1,06E-08 g	5,07E-09 g	**0,0005 g**
	Pb	1,47E-04 g	1,82E-04 g	3,92E-05 g	4,43E-05 g	3,00E-05 g	1,81E-06 g	2,38E-05 g	2,31E-05 g	2,37E-06 g	7,75E-05 g	5,56E-04 g	**0,0052 g**
	PCDD/F	1,89E-10 g	2,43E-11 g	2,30E-11 g	2,61E-11 g	1,76E-11 g	1,07E-12 g	1,62E-11 g	1,36E-11 g	1,42E-14 g	6,77E-12 g	3,27E-10 g	**0,0000 g**
	Perfluoraethan	3,90E-05 g	1,17E-05 g	1,11E-05 g	1,26E-05 g	8,50E-06 g	5,14E-07 g	7,79E-06 g	6,55E-06 g	2,06E-09 g	-2,79E-07 g	1,58E-04 g	**0,0014 g**
	Perfluormethan	6,60E-06 g	1,47E-06 g	1,40E-06 g	1,58E-06 g	1,07E-06 g	6,46E-08 g	9,79E-07 g	8,24E-07 g	1,64E-08 g	-2,22E-06 g	1,98E-05 g	**0,0002 g**
	SO2	5,61E+00 g	1,16E+00 g	4,82E-01 g	5,45E-01 g	3,69E-01 g	2,23E-02 g	6,91E-01 g	2,84E-01 g	1,15E-01 g	-9,01E-02 g	7,20E+00 g	**104,3 g**
	Staub	1,98E+00 g	5,95E-01 g	6,53E-02 g	7,39E-02 g	5,00E-02 g	3,02E-03 g	1,92E-01 g	3,86E-02 g	3,43E-02 g	-1,22E-02 g	4,73E+00 g	**28,9 g**
	TOPP-Äquivalent	1,87E+01 g	1,11E+00 g	1,05E+00 g	1,19E+00 g	8,08E-01 g	4,88E-02 g	8,32E-01 g	6,22E-01 g		1,04E-02	1,52E+01	**158,4 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	6,87E+02 g	4,45E-04 g	4,22E-04 g	4,77E-04 g	3,23E-04 g	1,95E-05 g	1,61E-01 g	2,49E-04 g	3,90E+00 g	-1,67E-04 g	7,54E+00 g	**1019,3 g**
	AOX	4,22E-03 g	3,33E-08 g	3,15E-08 g	2,91E-02 g	2,42E-08 g	1,46E-09 g	2,15E+00 g	1,86E-08 g	2,85E-05 g	2,07E-07 g	4,67E-07 g	**172,2 g**
	Arsen (As)	1,48E-07 g	8,62E-12 g	8,16E-12 g	9,24E-12 g	6,25E-12 g	3,78E-13 g	7,19E-07 g	4,82E-12 g	2,44E-06 g	2,85E-09 g	3,76E-10 g	**0,0003 g**
	Blei (Pb)	7,49E-07 g	1,37E-10 g	1,30E-10 g	1,47E-10 g	9,95E-11 g	6,02E-12 g	2,97E-06 g	7,67E-11 g	6,76E-06 g	4,54E-08 g	5,98E-09 g	**0,0008 g**
	BSB5	6,35E-03 g	2,35E-03 g	1,41E-03 g	1,46E+01 g	1,08E-03 g	6,54E-05 g	4,63E-01 g	7,84E-01 g	6,09E-03 g	-3,40E-04 g	2,01E-02 g	**114,8 g**
	Cadmium (Cd)	1,03E-09 g	2,10E-11 g	1,99E-11 g	0,00E+00	1,53E-11 g	9,23E-13 g	5,55E-08	1,18E-11 g	8,07E-06 g	6,93E-09 g	9,17E-10 g	**0,0007 g**
	Chrom (Cr)	1,36E-03 g	1,88E-11 g	1,97E-11 g	3,13E-03 g	1,51E-11 g	9,13E-13 g	3,69E-06 g	1,16E-11 g	3,79E-05 g	6,88E-09 g	9,08E-10 g	**0,0078 g**
	CSB	7,66E-01 g	5,67E-02 g	5,00E-02 g	5,15E+01 g	3,83E-02 g	2,32E-03 g	3,14E+00 g	2,95E-02 g	3,47E-02 g	-1,74E-02 g	1,65E+01 g	**325,3 g**
	Phosphor (P)	1,27E-01 g	2,47E-07 g	2,34E-07 g	2,65E-07 g	1,79E-07 g	1,08E-08 g	2,64E-03 g	1,95E-07 g	2,03E-09 g	-4,83E-08 g	3,32E-06 g	**0,3384 g**
	Quecksilber (Hg)	4,93E-05 g	1,05E-11 g	9,97E-12 g	1,13E-11 g	7,63E-12 g	4,61E-13 g	8,91E-10 g	5,88E-12 g	1,62E-08 g	3,48E-09 g	4,59E-10 g	**0,0001 g**
	Stickstoff (N)	2,38E-04 g	1,46E-05 g	1,38E-05 g	6,25E-01 g	1,06E-05 g	6,39E-07 g	1,66E-02 g	1,91E-02 g	2,52E-03 g	2,29E-05 g	1,98E-04 g	**3,6809 g**
Abfall	Abraum	1,19E+04 g	3,45E+03 g	3,27E+03 g	3,70E+03 g	2,50E+03 g	1,51E+02 g	1,96E+03 g	1,93E+03 g	3,19E-03 g	-8,68E+02 g	4,63E+04 g	**393073,7 g**
	Asche	3,69E+01 g	7,13E+01 g	6,75E+01 g	7,64E+01 g	5,17E+01 g	3,13E+00 g	4,40E+01 g	3,99E+01 g	5,57E-02 g	6,54E+01 g	9,60E+02 g	**8292,7 g**
	Klärschlamm	2,28E+01 g	2,32E-03 g	2,19E-03 g	6,01E+01 g	1,68E-03 g	1,02E-04 g	1,73E+00 g	1,29E-03 g	1,01E-05 g	-4,53E-04 g	3,11E-02 g	**221,1 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	3,41E+01 g	1,62E-03 g	1,54E-03 g	1,74E-03 g	1,18E-03 g	7,11E-05 g	1,08E-03 g	9,07E-04 g	1,45E-07 g	-3,05E-04 g	2,18E-02 g	**34,3 g**
	Produktionsabfall	2,91E+03 g	2,77E+00 g	1,37E+01 g	1,11E+00 g	4,27E+01 g	4,55E-02 g	2,17E+00 g	5,80E-01 g	1,92E+00 g	-2,91E-01 g	4,83E+01 g	**3391,2 g**
	REA-Reststoff	4,89E+01 g	1,43E+01 g	3,17E+00 g	1,53E+01 g	1,03E+01 g	6,25E-01 g	8,68E+00 g	7,97E+00 g	6,55E-03 g	6,22E+00 g	1,92E+02 g	**1672,3 g**

Abb. 84: Sachbilanz Kittel B HP (Teil 2)

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Modul / Auswirkung	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Wäscherei	Waschmittel	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Input	Elektrizität	2,66E+01 MJ	4,73E+00 MJ	4,48E+00 MJ	5,07E+00 MJ	3,72E+00 MJ	2,07E-01 MJ	3,46E+00 MJ	2,64E+00 MJ	8,13E-02 MJ		1,27E+02 MJ	**683,1 MJ**
	Prozesswärme												**0,0000 MJ**
	Farbstoff				1,21E+01 g								**12,1 g**
	Textilgrund-chemikalien				4,87E+01 g								**48,7 g**
	Textilhilfsmittel				4,70E+01 g								**47,0 g**
	Waschkraft-verstärker								2,73E+00 g				**218,4 g**
	Waschmittel								1,31E+01 g				**1048,3 g**
Output	Abwasser	6,95E-02 l			4,75E+01 l			3,48E+00 l	9,30E+00 l	9,52E-02			**1077,9 l**
	Fernwärme										2,00E+00 MJ		**2,0038 MJ**
	Elektrizität										5,35E+00 MJ		**5,3453 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	-1,96E-11 MJ	-1,22E-12 MJ	-1,15E-12 MJ	-1,30E-12 MJ	-8,83E-13 MJ	-5,34E-14 MJ	-2,91E-02 MJ	-6,80E-13 MJ	-9,99E-15 MJ		-1,64E-11 MJ	**-2,3256 MJ**
	Atomkraft	2,52E+01 MJ	4,42E+00 MJ	4,19E+00 MJ	4,74E+00 MJ	3,21E+00 MJ	1,94E-01 MJ	3,04E+00 MJ	2,47E+00 MJ	1,02E-02 MJ		5,99E+01 MJ	**558,8 MJ**
	Biomasse	1,13E+00 MJ	2,01E-01 MJ	1,90E-01 MJ	2,15E-01 MJ	1,45E-01 MJ	8,79E-03 MJ	2,21E-01 MJ	1,12E-01 MJ	2,00E-03 MJ		2,70E+00 MJ	**32,1 MJ**
	Braunkohle	1,95E+01 MJ	3,42E+00 MJ	3,24E+00 MJ	3,66E+00 MJ	2,48E+00 MJ	1,50E-01 MJ	1,94E+00 MJ	1,91E+00 MJ	3,03E-02 MJ		4,68E+01 MJ	**401,5 MJ**
	Eisen-Schrott	3,50E+00 g	5,72E-01 g	5,41E-01 g	6,12E-01 g	4,14E-01 g	2,51E-02 g	3,80E-01 g	3,19E-01 g	5,87E-04 g		7,68E+00 g	**71,3 g**
	Erdgas	8,14E+00 MJ	1,19E+00 MJ	1,13E+00 MJ	1,28E+00 MJ	8,65E-01 MJ	5,23E-02 MJ	8,68E-01 MJ	7,74E-01 MJ	1,67E-01 MJ		3,12E-01 MJ	**161,8 MJ**
	Erdöl	1,61E+00 MJ	1,65E-01 MJ	1,57E-01 MJ	1,77E-01 MJ	1,20E-01 MJ	7,25E-03 MJ	3,11E-01 MJ	9,24E-02 MJ	1,11E-01 MJ		2,34E+00 MJ	**46,4 MJ**
	Erze	3,01E+02 g	2,00E+00 g	1,89E+00 g	2,14E+00 g	1,45E+00 g	8,76E-02 g	1,40E+00 g	1,12E+00 g	3,33E-03 g		2,68E+01 g	**543,6 g**
	Fe-Schrott	9,82E-09 g	7,10E-10 g	6,72E-10 g	7,60E-10 g	5,15E-10 g	3,11E-11 g	4,72E-10 g	3,96E-10 g	5,82E-12 g		9,53E-09 g	**0,0000 g**
	Geothermie	7,16E-05 MJ	1,25E-05 MJ	1,19E-05 MJ	1,34E-05 MJ	9,07E-06 MJ	5,49E-07 MJ	8,32E-06 MJ	6,99E-06 MJ	1,47E-09 MJ		1,68E-04 MJ	**0,0016 MJ**
	Luft	6,12E-01 g	9,96E-02 g	9,44E-02 g	1,07E-01 g	7,23E-02 g	4,37E-03 g	5,51E-01 g	5,57E-02 g	1,04E-04 g		1,34E+00 g	**51,2 g**
	Mineralien	1,09E+02 g	1,93E+01 g	1,83E+01 g	2,07E+01 g	1,40E+01 g	8,46E-01 g	1,29E+01 g	1,08E+01 g	8,44E-03 g		3,13E+02 g	**2455,8 g**
	Müll	6,10E+00 MJ	1,07E+00 MJ	1,01E+00 MJ	1,14E+00 MJ	7,74E-01 MJ	4,68E-02 MJ	7,09E-01 MJ	5,96E-01 MJ	8,72E-05 MJ		1,43E+01 MJ	**132,6 MJ**
	NE-Schrott	2,01E-02 g	3,51E-03 g	3,33E-03 g	3,76E-03 g	2,55E-03 g	1,54E-04 g	2,33E-03 g	1,96E-03 g	1,29E-06 g		9,44E-02 g	**0,4839 g**
	Sekundärrohstoffe	-1,60E+00 MJ	5,09E-03 MJ	4,82E-03 MJ	5,45E-03 MJ	3,69E-03 MJ	2,23E-04 MJ	3,38E-03 MJ	2,84E-03 MJ	2,19E-03 MJ		6,84E-02 MJ	**-0,8226 MJ**
	Steinkohle	1,65E+01 MJ	3,12E+00 MJ	2,95E+00 MJ	3,34E+00 MJ	2,26E+00 MJ	1,37E-01 MJ	1,88E+00 MJ	1,74E+00 MJ	3,68E-05 MJ		4,22E+01 MJ	**371,4 MJ**
	Wasser	4,04E+01 l	4,49E+00 l	4,26E+00 l	2,30E+00 l	3,26E+00 l	1,63E+00 l	5,62E+00 l	9,30E+00 l	2,65E-01 l		6,31E+01 l	**1462,7 l**
	Wasserkraft	1,35E+00 MJ	2,36E-01 MJ	2,24E-01 MJ	2,53E-01 MJ	1,71E-01 MJ	1,03E-02 MJ	1,71E-01 MJ	1,32E-01 MJ	1,24E-03 MJ		3,20E+00 MJ	**30,6 MJ**
	Wind	4,59E-01 MJ	8,14E-02 MJ	7,71E-02 MJ	8,73E-02 MJ	5,91E-02 MJ	3,57E-03 MJ	5,41E-02 MJ	4,55E-02 MJ	6,60E+01 MJ		1,09E+00 MJ	**5289,7 MJ**

Abb. 85: Sachbilanz Kittel C HP (Teil 1)

(Quelle: Eigene Darstellung)

Auswirkung	Modul	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Wäscherei	Waschmittel	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Luftemissionen	As	4,46E-05 g	1,31E-05 g	1,24E-05 g	1,40E-05 g	9,49E-06 g	5,74E-07 g	8,70E-06 g	7,31E-06 g	6,62E-09 g	-1,45E-06 g	1,76E-04 g	**0,0016 g**
	Cd	1,55E-05 g	4,04E-06 g	3,83E-06 g	4,33E-06 g	2,93E-06 g	1,77E-07 g	2,37E-06 g	2,26E-06 g	8,49E-07 g	3,96E-06 g	5,43E-05 g	**0,0005 g**
	CH4	6,52E+00 g	1,61E+00 g	1,42E+00 g	1,61E+00 g	1,09E+00 g	6,59E-02 g	7,77E-01 g	8,40E-01 g	3,38E-02 g	-2,26E-01 g	2,04E+01 g	**169,8 g**
	CO	1,61E+01 g	4,27E-01 g	2,66E-01 g	3,01E-01 g	2,04E-01 g	1,23E-02 g	4,11E-01 g	1,57E-01 g	4,52E-02 g	8,03E-02 g	3,80E+00 g	**71,1 g**
	CO2	3,20E+03 g	7,90E+02 g	7,48E+02 g	8,47E+02 g	5,73E+02 g	3,46E+01 g	5,13E+02 g	4,42E+02 g	1,03E+02 g	2,20E+02 g	1,07E+04 g	**104455,2 g**
	Cr	4,47E-05 g	1,20E-05 g	1,13E-05 g	1,28E-05 g	8,69E-06 g	5,25E-07 g	7,96E-06 g	6,69E-06 g	4,52E-09 g	-2,25E-06 g	1,61E-04 g	**0,0015 g**
	H2S	1,95E-05 g	2,90E-06 g	2,75E-06 g	3,11E-06 g	2,10E-06 g	1,27E-07 g	1,03E-02 g	1,62E-06 g	2,25E-09 g	6,88E-04 g	1,02E-04 g	**0,8214 g**
	HCl	8,06E-02 g	2,24E-02 g	2,12E-02 g	2,40E-02 g	1,63E-02 g	9,83E-04 g	1,03E-02 g	1,25E-02 g	1,11E-03 g	1,32E-03 g	3,06E-01 g	**2,4649 g**
	HF	5,91E-03 g	1,61E-03 g	1,52E-03 g	1,72E-03 g	1,17E-03 g	7,05E-05 g	1,03E-03 g	8,99E-04 g	4,78E-05 g	-7,48E-05 g	2,18E-02 g	**0,1977 g**
	Hg	4,78E-05 g	1,41E-05 g	1,33E-05 g	1,51E-05 g	1,02E-05 g	6,17E-07 g	8,00E-06 g	7,86E-06 g	2,88E-07 g	-4,85E-07 g	1,89E-04 g	**0,0016 g**
	N2O	1,32E+00 g	5,10E-01 g	2,72E-02 g	3,08E-02 g	2,08E-02 g	1,26E-03 g	1,64E-02 g	1,60E-02 g	1,44E-04 g	-5,36E-03 g	3,95E-01 g	**5,0083 g**
	NH3	5,26E-01 g	2,49E-06 g	2,35E-06 g	2,66E-06 g	1,80E-06 g	1,09E-07 g	9,27E-04 g	1,39E-06 g	9,33E-04 g	2,11E-05 g	5,15E-04 g	**0,6752 g**
	Ni	3,43E-04 g	3,21E-05 g	3,04E-05 g	3,44E-05 g	2,33E-05 g	1,41E-06 g	2,10E-05 g	1,79E-05 g	2,06E-05 g	-3,57E-06 g	4,31E-04 g	**0,0058 g**
	NMVOC	3,37E-01 g	5,44E-02 g	5,15E-02 g	5,83E-02 g	3,94E-02 g	2,38E-03 g	1,88E-01 g	3,04E-02 g	8,44E-02 g	4,12E-03 g	7,35E-01 g	**25,7 g**
	NOx	7,11E+00 g	8,37E-01 g	7,93E-01 g	8,97E-01 g	6,07E-01 g	3,67E-02 g	9,82E-01 g	4,68E-01 g	8,79E-02 g	2,01E-01 g	1,15E+01 g	**147,9 g**
	PAH	8,33E-08 g	3,75E-10 g	3,56E-10 g	4,02E-10 g	2,72E-10 g	1,65E-11 g	3,59E-08 g	2,10E-10 g	7,56E-07 g	1,06E-08 g	5,07E-09 g	**0,0001 g**
	Pb	1,53E-04 g	1,82E-04 g	3,92E-05 g	4,43E-05 g	3,00E-05 g	1,81E-06 g	2,38E-05 g	2,31E-05 g	2,37E-06 g	7,75E-05 g	5,56E-04 g	**0,0052 g**
	PCDD/F	1,91E-10 g	2,43E-11 g	2,30E-11 g	2,61E-11 g	1,76E-11 g	1,07E-12 g	1,62E-11 g	1,36E-11 g	1,42E-14 g	6,77E-12 g	3,27E-10 g	**0,0000 g**
	Perfluoraethan	3,93E-05 g	1,17E-05 g	1,11E-05 g	1,26E-05 g	8,50E-06 g	5,14E-07 g	7,79E-06 g	6,55E-06 g	2,06E-09 g	-2,79E-07 g	1,58E-04 g	**0,0014 g**
	Perfluormethan	7,11E-06 g	1,47E-06 g	1,40E-06 g	1,58E-06 g	1,07E-06 g	6,46E-08 g	9,79E-07 g	8,24E-07 g	1,64E-08 g	-2,22E-06 g	1,98E-05 g	**0,0002 g**
	SO2	5,03E+00 g	1,16E+00 g	4,82E-01 g	5,45E-01 g	3,69E-01 g	2,23E-02 g	6,91E-01 g	2,84E-01 g	1,15E-01 g	-9,01E-02 g	7,20E+00 g	**103,7 g**
	Staub	2,10E+01 g	5,95E-01 g	6,53E-02 g	7,39E-02 g	5,00E-02 g	3,02E-03 g	1,92E-01 g	3,86E-02 g	3,43E-02 g	-1,22E-02 g	4,73E+00 g	**47,9 g**
	TOPP-Äquivalent	1,86E+01 g	1,11E+00 g	1,05E+00 g	1,19E+00 g	8,08E-01 g	4,88E-02 g	8,32E-01 g	6,22E-01 g		1,04E-02	1,52E+01	**158,3 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	6,87E+02 g	4,45E-04 g	4,22E-04 g	4,77E-04 g	3,23E-04 g	1,95E-05 g	1,61E-01 g	2,49E-04 g	3,90E+00 g	-1,67E-04 g	7,54E+00 g	**1019,3 g**
	AOX	4,86E-07 g	3,33E-08 g	3,15E-08 g	2,91E-02 g	2,42E-08 g	1,46E-09 g	2,15E+00 g	1,86E-08 g	2,85E-05 g	2,07E-07 g	4,67E-07 g	**172,2 g**
	Arsen (As)	2,91E-11 g	8,62E-12 g	8,16E-12 g	9,24E-12 g	6,25E-12 g	3,78E-13 g	7,19E-07 g	4,82E-12 g	2,44E-06 g	2,85E-09 g	3,76E-10 g	**0,0003 g**
	Blei (Pb)	4,64E-10 g	1,37E-10 g	1,30E-10 g	1,47E-10 g	9,95E-11 g	6,02E-12 g	2,97E-06 g	7,67E-11 g	6,76E-06 g	4,54E-08 g	5,98E-09 g	**0,0008 g**
	BSB5	7,13E-03 g	2,35E-03 g	1,41E-03 g	1,46E+01 g	1,08E-03 g	6,54E-05 g	4,63E-01 g	7,84E-01 g	6,09E-03 g	-3,40E-04 g	2,01E-02 g	**114,8 g**
	Cadmium (Cd)	7,11E-11 g	2,10E-11 g	1,99E-11 g	0,00E+00	1,53E-11 g	9,23E-13 g	5,55E-08	1,18E-11 g	8,07E-06 g	6,93E-09 g	9,17E-10 g	**0,0006 g**
	Chrom (Cr)	7,04E-11 g	1,88E-11 g	1,97E-11 g	3,13E-03 g	1,51E-11 g	9,13E-13 g	3,69E-06 g	1,16E-11 g	3,79E-05 g	6,88E-09 g	9,08E-10 g	**0,0065 g**
	CSB	2,51E-01 g	5,67E-02 g	5,00E-02 g	5,15E+01 g	3,83E-02 g	2,32E-03 g	3,14E+00 g	2,95E-02 g	3,47E-02 g	-1,74E-02 g	1,65E+01 g	**324,7 g**
	Phosphor (P)	5,65E-06 g	2,47E-07 g	2,34E-07 g	2,65E-07 g	1,79E-07 g	1,08E-08 g	2,64E-03 g	1,95E-07 g	2,03E-09 g	-4,83E-08 g	3,32E-06 g	**0,2112 g**
	Quecksilber (Hg)	3,56E-11 g	1,05E-11 g	9,97E-12 g	1,13E-11 g	7,63E-12 g	4,61E-13 g	8,91E-10 g	5,88E-12 g	1,62E-08 g	3,48E-09 g	4,59E-10 g	**0,0000 g**
	Stickstoff (N)	3,57E-04 g	1,46E-05 g	1,38E-05 g	6,25E-01 g	1,06E-05 g	6,39E-07 g	1,66E-02 g	1,91E-02 g	2,52E-03 g	2,29E-05 g	1,98E-04 g	**3,6810 g**
Abfall	Abraum	1,21E+04 g	3,45E+03 g	3,27E+03 g	3,70E+03 g	2,50E+03 g	1,51E+02 g	1,96E+03 g	1,93E+03 g	3,19E-03 g	-8,68E+02 g	4,63E+04 g	**393298,7 g**
	Asche	3,34E+01 g	7,13E+01 g	6,75E+01 g	7,64E+01 g	5,17E+01 g	3,13E+00 g	4,40E+01 g	3,99E+01 g	5,57E-02 g	6,54E+01 g	9,60E+02 g	**8289,2 g**
	Klärschlamm	2,28E+01 g	2,32E-03 g	2,19E-03 g	6,01E+01 g	1,68E-03 g	1,02E-04 g	1,73E+00 g	1,29E-03 g	1,01E-05 g	-4,53E-04 g	3,11E-02 g	**221,1 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	5,82E+02 g	1,62E-03 g	1,54E-03 g	1,74E-03 g	1,18E-03 g	7,11E-05 g	1,08E-03 g	9,07E-04 g	1,45E-07 g	-3,05E-04 g	2,18E-02 g	**582,4 g**
	Produktionsabfall	2,88E+03 g	2,77E+00 g	1,37E+01 g	1,11E+00 g	4,27E+01 g	4,55E-02 g	2,17E+00 g	5,80E-01 g	1,92E+00 g	-2,91E-01 g	4,83E+01 g	**3364,7 g**
	REA-Reststoff	4,96E+01 g	1,43E+01 g	3,17E+00 g	1,53E+01 g	1,03E+01 g	6,25E-01 g	8,68E+00 g	7,97E+00 g	6,55E-03 g	6,22E+00 g	1,92E+02 g	**1673,0 g**

Abb. 86: Sachbilanz Kittel C HP (Teil 2)

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Modul / Auswirkung	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Wäscherei	Waschmittel	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Input	Elektrizität	2,10E+01 MJ	3,75E+00 MJ	4,01E+00 MJ	4,02E+00 MJ	3,72E+00 MJ	1,18E-01 MJ	3,46E+00 MJ	1,51E+00 MJ	4,63E-02 MJ		7,43E+01 MJ	**521,2 MJ**
	Prozesswärme												**0,0000 MJ**
	Farbstoff				9,57E+00 g								**9,6 g**
	Textilgrund-chemikalien				3,86E+01 g								**38,6 g**
	Textilhilfsmittel				3,72E+01 g								**37,2 g**
	Waschkraft-verstärker								1,56E+00 g				**124,4 g**
	Waschmittel								7,46E+00 g				**597,1 g**
Output	Abwasser	5,50E-02 l			3,76E+01 l			3,48E+00 l	5,30E+00 l	5,42E-02			**744,5 l**
	Fernwärme										1,14E+00 MJ		**1,1414 MJ**
	Elektrizität										3,04E+00 MJ		**3,0447 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	-5,41E-12 MJ	-9,64E-13 MJ	-1,03E-12 MJ	-1,03E-12 MJ	-8,83E-13 MJ	-3,04E-14 MJ	-2,91E-02 MJ	-3,88E-13 MJ	-5,69E-15 MJ		-1,52E-11 MJ	**-2,3256 MJ**
	Atomkraft	1,97E+01 MJ	3,50E+00 MJ	3,75E+00 MJ	3,75E+00 MJ	3,21E+00 MJ	1,10E-01 MJ	3,04E+00 MJ	1,41E+00 MJ	5,83E-03 MJ		5,56E+01 MJ	**454,5 MJ**
	Biomasse	8,92E-01 MJ	1,59E-01 MJ	1,70E-01 MJ	1,70E-01 MJ	1,45E-01 MJ	5,01E-03 MJ	2,21E-01 MJ	6,39E-02 MJ	1,14E-03 MJ		2,50E+00 MJ	**27,3 MJ**
	Braunkohle	1,52E+01 MJ	2,71E+00 MJ	2,90E+00 MJ	2,90E+00 MJ	2,48E+00 MJ	8,53E-02 MJ	1,94E+00 MJ	1,09E+00 MJ	1,73E-02 MJ		4,34E+01 MJ	**320,1 MJ**
	Eisen-Schrott	2,54E+00 g	4,53E-01 g	4,85E-01 g	4,85E-01 g	4,14E-01 g	1,43E-02 g	3,80E-01 g	1,82E-01 g	3,34E-04 g		7,12E+00 g	**57,6 g**
	Erdgas	5,30E+00 MJ	9,44E-01 MJ	2,05E-01 MJ	1,01E+00 MJ	8,65E-01 MJ	2,98E-02 MJ	8,68E-01 MJ	4,41E-01 MJ	9,54E-02 MJ		2,89E-01 MJ	**123,3 MJ**
	Erdöl	7,35E-01 MJ	1,31E-01 MJ	1,40E-01 MJ	1,40E-01 MJ	1,20E-01 MJ	4,13E-03 MJ	3,11E-01 MJ	5,26E-02 MJ	6,34E-02 MJ		2,17E+00 MJ	**38,0 MJ**
	Erze	8,88E+00 g	1,58E+00 g	1,69E+00 g	1,70E+00 g	1,45E+00 g	4,99E-02 g	1,40E+00 g	6,36E-01 g	1,89E-03 g		2,49E+01 g	**206,9 g**
	Fe-Schrott	3,15E-09 g	5,62E-10 g	6,02E-10 g	6,02E-10 g	5,15E-10 g	1,77E-11 g	4,72E-10 g	2,26E-10 g	3,31E-12 g		8,84E-09 g	**0,0000 g**
	Geothermie	5,56E-05 MJ	9,91E-06 MJ	1,06E-05 MJ	1,06E-05 MJ	9,07E-06 MJ	3,12E-07 MJ	8,32E-06 MJ	3,98E-06 MJ	8,37E-10 MJ		1,56E-04 MJ	**0,0013 MJ**
	Luft	4,43E-01 g	7,89E-02 g	8,45E-02 g	8,46E-02 g	7,23E-02 g	2,49E-03 g	5,51E-01 g	3,17E-02 g	5,90E-05 g		1,24E+00 g	**48,8 g**
	Mineralien	8,57E+01 g	1,53E+01 g	1,64E+01 g	1,64E+01 g	1,40E+01 g	4,82E-01 g	1,29E+01 g	6,14E+00 g	4,81E-03 g		2,90E+02 g	**1999,4 g**
	Müll	4,75E+00 MJ	8,45E-01 MJ	9,05E-01 MJ	9,06E-01 MJ	7,74E-01 MJ	2,67E-02 MJ	7,09E-01 MJ	3,40E-01 MJ	4,97E-05 MJ		1,33E+01 MJ	**107,5 MJ**
	NE-Schrott	1,56E-02 g	2,78E-03 g	2,98E-03 g	2,98E-03 g	2,55E-03 g	8,77E-05 g	2,33E-03 g	1,12E-03 g	7,34E-07 g		8,75E-02 g	**0,3978 g**
	Sekundärrohstoffe	2,26E-02 MJ	4,03E-03 MJ	4,32E-03 MJ	4,32E-03 MJ	3,69E-03 MJ	1,27E-04 MJ	3,38E-03 MJ	1,62E-03 MJ	1,25E-03 MJ		6,34E-02 MJ	**0,6128 MJ**
	Steinkohle	1,39E+01 MJ	2,47E+00 MJ	2,64E+00 MJ	2,64E+00 MJ	2,26E+00 MJ	7,78E-02 MJ	1,88E+00 MJ	9,92E-01 MJ	2,09E-05 MJ		3,92E+01 MJ	**299,3 MJ**
	Wasser	2,00E+01 l	3,56E+00 l	3,81E+00 l	1,82E+00 l	3,26E+00 l	9,27E-01 l	5,62E+00 l	5,30E+00 l	1,51E-01 l		5,86E+01 l	**1050,4 l**
	Wasserkraft	1,05E+00 MJ	1,87E-01 MJ	2,00E-01 MJ	2,00E-01 MJ	1,71E-01 MJ	5,89E-03 MJ	1,71E-01 MJ	7,51E-02 MJ	7,06E-04 MJ		2,97E+00 MJ	**25,0 MJ**
	Wind	3,62E-01 MJ	6,45E-02 MJ	6,91E-02 MJ	6,91E-02 MJ	5,91E-02 MJ	2,03E-03 MJ	5,41E-02 MJ	2,59E-02 MJ	3,76E+01 MJ		1,01E+00 MJ	**3015,4 MJ**

Abb. 87: Sachbilanz Kittel B, C SP (Teil 1)

(Quelle: Eigene Darstellung)

Auswirkung	Modul	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Wäscherei	Waschmittel	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Luftemissionen	As	3,59E-05 g	1,04E-05 g	1,11E-05 g	1,11E-05 g	9,49E-06 g	3,27E-07 g	8,70E-06 g	4,16E-06 g	3,77E-09 g	-8,24E-07 g	1,63E-04 g	**0,0013 g**
	Cd	1,17E-05 g	3,20E-06 g	3,43E-06 g	3,43E-06 g	2,93E-06 g	1,01E-07 g	2,37E-06 g	1,29E-06 g	4,84E-07 g	2,26E-06 g	5,04E-05 g	**0,0004 g**
	CH4	4,90E+00 g	1,28E+00 g	1,27E+00 g	1,28E+00 g	1,09E+00 g	3,75E-02 g	7,77E-01 g	4,78E-01 g	1,93E-02 g	-1,28E-01 g	1,89E+01 g	**133,6 g**
	CO	1,27E+01 g	3,38E-01 g	2,38E-01 g	2,38E-01 g	2,04E-01 g	7,01E-03 g	4,11E-01 g	8,94E-02 g	2,57E-02 g	4,57E-02 g	3,53E+00 g	**59,9051 g**
	CO2	2,55E+03 g	6,26E+02 g	6,70E+02 g	6,71E+02 g	5,73E+02 g	1,97E+01 g	5,13E+02 g	2,52E+02 g	5,85E+01 g	1,25E+02 g	9,94E+03 g	**82575,1 g**
	Cr	3,30E-05 g	9,48E-06 g	1,02E-05 g	1,02E-05 g	8,69E-06 g	2,99E-07 g	7,96E-06 g	3,81E-06 g	2,57E-09 g	-1,28E-06 g	1,49E-04 g	**0,0012 g**
	H2S	1,29E-05 g	2,30E-06 g	2,46E-06 g	2,46E-06 g	2,10E-06 g	7,24E-08 g	1,03E-02 g	9,23E-07 g	1,28E-09 g	3,92E-04 g	9,43E-05 g	**0,8211 g**
	HCl	7,16E-02 g	1,77E-02 g	1,90E-02 g	1,90E-02 g	1,63E-02 g	5,60E-04 g	1,03E-02 g	7,13E-03 g	6,31E-04 g	7,53E-04 g	2,84E-01 g	**1,9180 g**
	HF	4,56E-03 g	1,27E-03 g	1,36E-03 g	1,37E-03 g	1,17E-03 g	4,02E-05 g	1,03E-03 g	5,12E-04 g	2,72E-05 g	-4,26E-05 g	2,02E-02 g	**0,1589 g**
	Hg	3,82E-05 g	1,11E-05 g	1,19E-05 g	1,19E-05 g	1,02E-05 g	3,51E-07 g	8,00E-06 g	4,48E-06 g	1,64E-07 g	-2,76E-07 g	1,75E-04 g	**0,0013 g**
	N2O	1,05E+00 g	4,04E-01 g	2,43E-02 g	2,44E-02 g	2,08E-02 g	7,17E-04 g	1,64E-02 g	9,14E-03 g	8,18E-05 g	-3,05E-03 g	3,66E-01 g	**3,9913 g**
	NH3	4,16E-01 g	1,97E-06 g	2,11E-06 g	2,11E-06 g	1,80E-06 g	6,21E-08 g	9,27E-04 g	7,91E-07 g	5,31E-04 g	1,20E-05 g	4,78E-04 g	**0,5336 g**
	Ni	1,03E-04 g	2,54E-05 g	2,72E-05 g	2,72E-05 g	2,33E-05 g	8,01E-07 g	2,10E-05 g	1,02E-05 g	1,17E-05 g	-2,03E-06 g	4,00E-04 g	**0,0041 g**
	NMVOC	2,49E-01 g	4,31E-02 g	4,61E-02 g	4,62E-02 g	3,94E-02 g	1,36E-03 g	1,88E-01 g	1,73E-02 g	4,81E-02 g	2,35E-03 g	6,81E-01 g	**21,5 g**
	NOx	5,55E+00 g	6,63E-01 g	7,10E-01 g	7,10E-01 g	6,07E-01 g	2,09E-02 g	9,82E-01 g	2,66E-01 g	5,00E-02 g	1,14E-01 g	1,06E+01 g	**124,5 g**
	PAH	6,51E-08 g	2,97E-10 g	3,18E-10 g	3,19E-10 g	2,72E-10 g	9,38E-12 g	3,59E-08 g	1,20E-10 g	4,30E-07 g	6,03E-09 g	4,71E-09 g	**0,0000 g**
	Pb	1,16E-04 g	1,44E-04 g	3,51E-05 g	3,51E-05 g	3,00E-05 g	1,03E-06 g	2,38E-05 g	1,32E-05 g	1,35E-06 g	4,42E-05 g	5,15E-04 g	**0,0041 g**
	PCDD/F	1,50E-10 g	1,93E-11 g	2,06E-11 g	2,07E-11 g	1,76E-11 g	6,08E-13 g	1,62E-11 g	7,75E-12 g	8,07E-15 g	3,86E-12 g	3,03E-10 g	**0,0000 g**
	Perfluoraethan	3,09E-05 g	9,29E-06 g	9,94E-06 g	9,95E-06 g	8,50E-06 g	2,93E-07 g	7,79E-06 g	3,73E-06 g	1,17E-09 g	-1,59E-07 g	1,46E-04 g	**0,0012 g**
	Perfluormethan	5,22E-06 g	1,17E-06 g	1,25E-06 g	1,25E-06 g	1,07E-06 g	3,68E-08 g	9,79E-07 g	4,69E-07 g	9,35E-09 g	-1,26E-06 g	1,84E-05 g	**0,0001 g**
	SO2	2,57E+00 g	9,16E-01 g	4,31E-01 g	4,32E-01 g	3,69E-01 g	1,27E-02 g	6,91E-01 g	1,62E-01 g	6,56E-02 g	-5,13E-02 g	6,68E+00 g	**85,9 g**
	Staub	6,31E-01 g	4,71E-01 g	5,85E-02 g	5,86E-02 g	5,00E-02 g	1,72E-03 g	1,92E-01 g	2,20E-02 g	1,95E-02 g	-6,97E-03 g	4,38E+00 g	**24,4 g**
	TOPP-Äquivalent	1,48E+01 g	8,82E-01 g	9,44E-01 g	9,45E-01 g	8,08E-01 g	2,78E-02 g	8,32E-01 g	3,55E-01 g		5,94E-03	1,41E+01	**129,7 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	5,44E+02 g	3,53E-04 g	3,78E-04 g	3,78E-04 g	3,23E-04 g	1,11E-05 g	1,61E-01 g	1,42E-04 g	2,22E+00 g	-9,49E-05 g	6,99E+00 g	**741,5 g**
	AOX	2,61E-07 g	2,64E-08 g	2,82E-08 g	2,30E-02 g	2,42E-08 g	8,32E-10 g	2,15E+00 g	1,06E-08 g	1,62E-05 g	1,18E-07 g	4,33E-07 g	**172,2 g**
	Arsen (As)	2,29E-11 g	6,83E-12 g	7,31E-12 g	7,31E-12 g	6,25E-12 g	2,15E-13 g	7,19E-07 g	2,74E-12 g	1,39E-06 g	1,62E-09 g	3,48E-10 g	**0,0002 g**
	Blei (Pb)	3,64E-10 g	1,09E-10 g	1,16E-10 g	1,16E-10 g	9,95E-11 g	3,43E-12 g	2,97E-06 g	4,37E-11 g	3,85E-06 g	2,58E-08 g	5,55E-09 g	**0,0005 g**
	BSB5	5,02E-03 g	1,86E-03 g	1,26E-03 g	1,16E+01 g	1,08E-03 g	3,72E-05 g	4,63E-01 g	4,46E-01 g	3,47E-03 g	-1,94E-04 g	1,86E-02 g	**84,6 g**
	Cadmium (Cd)	5,59E-11 g	1,67E-11 g	1,78E-11 g	0,00E+00	1,53E-11 g	5,26E-13 g	5,55E-08	6,70E-12 g	4,60E-06 g	3,95E-09 g	8,51E-10 g	**0,0004 g**
	Chrom (Cr)	5,53E-11 g	1,49E-11 g	1,77E-11 g	2,48E-03 g	1,51E-11 g	5,20E-13 g	3,69E-06 g	6,63E-12 g	2,16E-05 g	3,92E-09 g	8,42E-10 g	**0,0045 g**
	CSB	1,77E-01 g	4,49E-02 g	4,48E-02 g	4,08E+01 g	3,83E-02 g	1,32E-03 g	3,14E+00 g	1,68E-02 g	1,98E-02 g	-9,92E-03 g	1,53E+01 g	**310,5 g**
	Phosphor (P)	2,86E-06 g	1,96E-07 g	2,09E-07 g	2,10E-07 g	1,79E-07 g	6,17E-09 g	2,64E-03 g	1,11E-07 g	1,15E-09 g	-2,75E-08 g	3,08E-06 g	**0,2112 g**
	Quecksilber (Hg)	2,79E-11 g	8,34E-12 g	8,92E-12 g	8,93E-12 g	7,63E-12 g	2,63E-13 g	8,91E-10 g	3,35E-12 g	9,23E-09 g	1,98E-09 g	4,25E-10 g	**0,0000 g**
	Stickstoff (N)	1,88E-04 g	1,15E-05 g	1,24E-05 g	4,95E-01 g	1,06E-05 g	3,64E-07 g	1,66E-02 g	1,09E-02 g	1,43E-03 g	1,30E-05 g	1,84E-04 g	**2,8058 g**
Abfall	Abraum	9,38E+03 g	2,73E+03 g	2,92E+03 g	2,93E+03 g	2,50E+03 g	8,61E+01 g	1,96E+03 g	1,10E+03 g	1,82E-03 g	-4,94E+02 g	4,30E+04 g	**314204,2 g**
	Asche	2,41E+01 g	5,65E+01 g	6,05E+01 g	6,05E+01 g	5,17E+01 g	1,78E+00 g	4,40E+01 g	2,27E+01 g	3,17E-02 g	3,73E+01 g	8,91E+02 g	**6662,4 g**
	Klärschlamm	1,80E+01 g	1,83E-03 g	1,96E-03 g	4,76E+01 g	1,68E-03 g	5,78E-05 g	1,73E+00 g	7,37E-04 g	5,77E-06 g	-2,58E-04 g	2,89E-02 g	**203,8 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	2,70E+01 g	1,28E-03 g	1,38E-03 g	1,38E-03 g	1,18E-03 g	4,05E-05 g	1,08E-03 g	5,16E-04 g	8,25E-08 g	-1,74E-04 g	2,02E-02 g	**27,1 g**
	Produktionsabfall	2,30E+03 g	2,19E+00 g	1,58E+00 g	8,80E-01 g	4,27E+01 g	2,59E-02 g	2,17E+00 g	3,30E-01 g	1,10E+00 g	-1,66E-01 g	4,48E+01 g	**2679,4 g**
	REA-Reststoff	3,87E+01 g	1,13E+01 g	1,21E+01 g	1,21E+01 g	1,03E+01 g	3,56E-01 g	8,68E+00 g	4,54E+00 g	3,73E-03 g	3,55E+00 g	1,78E+02 g	**1352,0 g**

Abb. 88: Sachbilanz Kittel B, C (Teil 2)

(Quelle: Eigene Darstellung)

Modul / Auswirkung		Rohstoff-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Input	Elektrizität	6,32E+00 MJ	1,76E-01 MJ	2,75E+00 MJ	3,72E+00 MJ	6,74E-02 MJ	2,09E+00 MJ		4,98E+00 MJ	**2,0E+01 MJ**
	Prozesswärme		3,87E-01 MJ				5,40E-02 MJ			**4,4E-01 MJ**
	Farbstoff			6,62E+00 g			9,23E-01 g			**7,5E+00 g**
	Textilgrund-chemikalien			3,36E+01 g			4,69E+00 g			**3,8E+01 g**
	Textilhilfsmittel			1,99E+01 g			2,77E+00 g			**2,3E+01 g**
Output	Abwasser			2,69E+01 l			4,55E+00 l			**3,1E+01 l**
	Fernwärme							6,51E-01 MJ		**6,5E-01 MJ**
	Elektrizität							1,74E+00 MJ		**1,7E+00 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	-4,83E+01 MJ	-9,91E-09 MJ	-7,08E-13 MJ	-8,83E-13 MJ	-1,73E-14 MJ	-6,74E+00 MJ		-6,41E-13 MJ	**-5,5E+01 MJ**
	Atomkraft	4,70E+00 MJ	2,87E-01 MJ	2,57E+00 MJ	3,21E+00 MJ	6,29E-02 MJ	1,76E+00 MJ		2,35E+00 MJ	**1,5E+01 MJ**
	Biomasse	1,95E-01 MJ	8,31E-03 MJ	1,17E-01 MJ	1,45E-01 MJ	2,86E-03 MJ	9,73E-02 MJ		1,06E-01 MJ	**6,7E-01 MJ**
	Braunkohle	3,42E+00 MJ	2,13E-01 MJ	1,99E+00 MJ	2,48E+00 MJ	4,86E-02 MJ	1,23E+00 MJ		1,83E+00 MJ	**1,1E+01 MJ**
	Eisen-Schrott	1,35E+00 g	5,25E-01 g	3,32E-01 g	4,14E-01 g	8,14E-03 g	3,96E-01 g		3,01E-01 g	**3,3E+00 g**
	Erdgas	2,83E+00 MJ	1,09E-01 MJ	6,93E-01 MJ	8,65E-01 MJ	1,70E-02 MJ	7,14E-01 MJ		1,22E-02 MJ	**5,2E+00 MJ**
	Erdöl	1,05E+01 MJ	2,02E+00 MJ	9,61E-02 MJ	1,20E-01 MJ	2,35E-03 MJ	1,84E+00 MJ		9,15E-02 MJ	**1,5E+01 MJ**
	Erze	4,57E+00 g	1,71E+00 g	1,16E+00 g	1,45E+00 g	2,84E-02 g	1,36E+00 g		1,05E+00 g	**1,1E+01 g**
	Fe-Schrott	7,63E-08 g	1,58E-08 g	4,12E-10 g	5,15E-10 g	1,01E-11 g	1,30E-08 g		3,73E-10 g	**1,1E-07 g**
	Geothermie	1,35E-03 MJ	5,50E-06 MJ	7,27E-06 MJ	9,07E-06 MJ	1,78E-07 MJ	1,91E-04 MJ		6,59E-06 MJ	**1,6E-03 MJ**
	Luft	1,66E+01 g	1,15E-01 g	5,79E-02 g	7,23E-02 g	1,42E-03 g	2,35E+00 g		5,24E-02 g	**1,9E+01 g**
	Mineralien	2,57E+01 g	1,76E+00 g	1,12E+01 g	1,40E+01 g	2,75E-01 g	8,38E+00 g		1,23E+01 g	**7,4E+01 g**
	Müll	1,07E+00 MJ	7,31E-02 MJ	6,20E-01 MJ	7,74E-01 MJ	1,52E-02 MJ	4,10E-01 MJ		5,62E-01 MJ	**3,5E+00 MJ**
	NE-Schrott	4,07E-03 g	2,72E-04 g	2,04E-03 g	2,55E-03 g	5,00E-05 g	1,43E-03 g		3,70E-03 g	**1,4E-02 g**
	Sekundärrohstoffe	1,21E-02 MJ	4,68E-03 MJ	2,96E-03 MJ	3,69E-03 MJ	7,25E-05 MJ	3,53E-03 MJ		2,68E-03 MJ	**3,0E-02 MJ**
	Steinkohle	2,77E+00 MJ	-5,42E-01 MJ	1,81E+00 MJ	2,26E+00 MJ	4,44E-02 MJ	1,00E+00 MJ		1,65E+00 MJ	**9,0E+00 MJ**
	Wasser	4,60E+00 l	9,05E-01 l	2,61E+00 l	3,26E+00 l	5,28E-01 l	2,43E+00 l		2,47E+00 l	**1,7E+01 l**
	Wasserkraft	3,01E-01 MJ	2,08E-02 MJ	1,37E-01 MJ	1,71E-01 MJ	3,36E-03 MJ	1,04E-01 MJ		1,25E-01 MJ	**8,6E-01 MJ**
	Wind	6,69E-02 MJ	3,37E-03 MJ	4,73E-02 MJ	5,91E-02 MJ	1,16E-03 MJ	2,89E-02 MJ		4,29E-02 MJ	**2,5E-01 MJ**
Luftemissionen	As	8,57E-06 g	2,89E-06 g	7,61E-06 g	9,49E-06 g	1,86E-07 g	4,67E-06 g	-4,70E-07 g	6,89E-06 g	**4,0E-05 g**
	Cd	2,65E-06 g	1,18E-05 g	2,35E-06 g	2,93E-06 g	5,76E-08 g	2,89E-06 g	1,29E-06 g	2,13E-06 g	**2,6E-05 g**
	CH4	2,46E+00 g	9,98E-02 g	8,73E-01 g	1,09E+00 g	2,14E-02 g	6,64E-01 g	-7,33E-02 g	7,99E-01 g	**5,9E+00 g**
	CO	8,23E-01 g	1,91E-01 g	1,63E-01 g	2,04E-01 g	4,00E-03 g	2,60E-01 g	2,61E-02 g	1,49E-01 g	**1,8E+00 g**
	CO2	9,68E+02 g	3,02E+02 g	4,59E+02 g	5,73E+02 g	1,12E+01 g	3,61E+02 g	7,15E+01 g	4,20E+02 g	**3,2E+03 g**
	Cr	7,86E-06 g	5,88E-06 g	6,96E-06 g	8,69E-06 g	1,70E-07 g	4,73E-06 g	-7,32E-07 g	6,30E-06 g	**4,0E-05 g**
	H2S	-1,19E-01 g	9,62E-08 g	1,68E-06 g	2,10E-06 g	4,13E-08 g	-1,43E-02 g	2,23E-04 g	3,99E-06 g	**-1,3E-01 g**
	HCl	3,15E-02 g	-3,39E-03 g	1,30E-02 g	1,63E-02 g	3,19E-04 g	8,21E-03 g	4,29E-04 g	1,20E-02 g	**7,8E-02 g**
	HF	1,40E-03 g	6,07E-05 g	9,35E-04 g	1,17E-03 g	2,29E-05 g	5,77E-04 g	-2,43E-05 g	8,52E-04 g	**5,0E-03 g**
	Hg	9,37E-06 g	-1,18E-03 g	8,18E-06 g	1,02E-05 g	2,00E-07 g	-1,61E-04 g	-1,58E-07 g	7,41E-06 g	**-1,3E-03 g**
	N2O	1,88E-02 g	7,63E-03 g	1,67E-02 g	2,08E-02 g	4,09E-04 g	9,81E-03 g	-1,74E-03 g	1,55E-02 g	**8,8E-02 g**
	NH3	-2,66E-01 g	1,38E-05 g	1,45E-06 g	1,80E-06 g	3,54E-08 g	-3,68E-02 g	6,84E-06 g	2,02E-05 g	**-3,0E-01 g**
	Ni	2,10E-05 g	2,34E-04 g	1,87E-05 g	2,33E-05 g	4,57E-07 g	4,30E-05 g	-1,16E-06 g	1,69E-05 g	**3,6E-04 g**
	NMVOC	2,34E+00 g	8,71E-01 g	3,16E-02 g	3,94E-02 g	7,74E-04 g	5,00E-01 g	1,34E-03 g	2,88E-02 g	**3,8E+00 g**
	NOx	3,35E+00 g	1,13E+00 g	4,87E-01 g	6,07E-01 g	1,19E-02 g	9,27E-01 g	6,53E-02 g	4,49E-01 g	**7,0E+00 g**
	PAH	2,60E-10 g	1,85E-08 g	2,18E-10 g	2,72E-10 g	5,35E-12 g	1,09E-08 g	3,44E-09 g	1,99E-10 g	**3,4E-08 g**
	Pb	3,40E-05 g	1,87E-05 g	2,41E-05 g	3,00E-05 g	5,89E-07 g	1,62E-05 g	2,52E-05 g	2,18E-05 g	**1,7E-04 g**
	PCDD/F	2,66E-11 g	2,37E-11 g	1,41E-11 g	1,76E-11 g	3,46E-13 g	1,27E-11 g	2,20E-12 g	1,28E-11 g	**1,1E-10 g**
	Perfluoraethan	1,28E-05 g	2,78E-07 g	6,82E-06 g	8,50E-06 g	1,67E-07 g	4,58E-06 g	-9,06E-08 g	6,17E-06 g	**3,9E-05 g**
	Perfluormethan	1,61E-06 g	4,98E-07 g	8,57E-07 g	1,07E-06 g	2,10E-08 g	6,40E-07 g	-7,20E-07 g	7,76E-07 g	**4,7E-06 g**
	SO2	1,95E+00 g	3,10E-01 g	2,96E-01 g	3,69E-01 g	7,24E-03 g	5,25E-01 g	-2,93E-02 g	2,82E-01 g	**3,7E+00 g**
	Staub	1,50E-01 g	6,77E-02 g	4,01E-02 g	5,00E-02 g	9,82E-04 g	8,27E-02 g	-3,97E-03 g	1,85E-01 g	**5,7E-01 g**
	TOPP-Äquivalent	1,62E+00 g	2,27E+00 g	6,47E-01 g	8,08E-01 g	1,59E-02 g	8,40E-01 g	3,39E-03 g	5,97E-01	**6,8E+00 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	2,95E-02 g	1,66E-05 g	2,59E-04 g	3,23E-04 g	6,34E-06 g	4,14E-02 g	-5,41E-05 g	2,96E-01 g	**3,7E-01 g**
	AOX	2,20E-08 g	1,24E-09 g	3,53E-02 g	2,42E-08 g	4,74E-10 g	5,02E-01 g	6,72E-08 g	1,83E-08 g	**5,4E-01 g**
	Arsen (As)	8,27E-09 g	3,55E-13 g	5,01E-12 g	6,25E-12 g	1,23E-13 g	1,67E-07 g	9,26E-10 g	1,47E-11 g	**1,8E-07 g**
	Blei (Pb)	8,82E-08 g	5,66E-12 g	7,98E-11 g	9,95E-11 g	1,95E-12 g	6,99E-07 g	1,47E-08 g	2,34E-10 g	**8,0E-07 g**
	BSB5	1,22E-03 g	5,56E-05 g	7,63E+00 g	1,08E-03 g	2,12E-05 g	1,17E+00 g	-1,10E-04 g	7,86E-04 g	**8,8E+00 g**
	Cadmium (Cd)	2,20E-09 g	8,69E-13 g		1,53E-11 g	3,00E-13 g	1,31E-08	2,25E-09 g	3,59E-11 g	**1,8E-08 g**
	Chrom (Cr)	3,56E-10 g	8,58E-13 g	1,57E-02 g	1,51E-11 g	2,96E-13 g	2,19E-03 g	2,23E-09 g	3,56E-11 g	**1,8E-02 g**
	CSB	1,16E-01 g	1,97E-03 g	3,31E+01 g	3,83E-02 g	7,52E-04 g	5,35E+00 g	-5,66E-03 g	6,46E-01 g	**3,9E+01 g**
	Phosphor (P)	4,25E-03 g	9,20E-09 g	4,38E-02 g	1,79E-07 g	3,52E-09 g	7,31E-03 g	-1,57E-08 g	1,30E-07 g	**5,5E-02 g**
	Quecksilber (Hg)	7,54E-09 g	4,34E-13 g	6,12E-12 g	7,63E-12 g	1,50E-13 g	1,26E-09 g	1,13E-09 g	1,80E-11 g	**1,0E-08 g**
	Stickstoff (N)	1,33E-02 g	5,43E-07 g	3,50E-01 g	1,06E-05 g	2,08E-07 g	5,44E-02 g	7,43E-06 g	7,77E-06 g	**4,2E-01 g**
Abfall	Abraum	3,28E+03 g	1,64E+02 g	2,01E+03 g	2,50E+03 g	4,91E+01 g	1,21E+03 g	-2,82E+02 g	1,82E+03 g	**1,1E+04 g**
	Asche	6,94E+01 g	1,01E+00 g	4,15E+01 g	5,17E+01 g	1,02E+00 g	2,58E+01 g	2,12E+01 g	3,76E+01 g	**2,5E+02 g**
	Klärschlamm	2,15E-01 g	1,79E-01 g	6,01E+01 g	1,68E-03 g	3,30E-05 g	8,83E+00 g	-1,47E-04 g	1,22E-03 g	**6,9E+01 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	2,66E-03 g	1,07E-04 g	9,43E-04 g	1,18E-03 g	2,31E-05 g	7,66E-04 g	-9,91E-05 g	8,54E-04 g	**6,4E-03 g**
	Produktionsabfall	3,82E+00 g	2,39E+01 g	8,78E-01 g	4,27E+01 g	1,48E-02 g	4,54E+00 g	-9,45E-02 g	1,89E+00 g	**7,8E+01 g**
	REA-Reststoff	1,70E+01 g	-4,89E-01 g	8,29E+00 g	1,03E+01 g	2,03E-01 g	5,46E+00 g	2,02E+00 g	7,51E+00 g	**5,0E+01 g**

Abb. 89: Sachbilanz Kittel D HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

Modul / Auswirkung		Rohstoff-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Input	Elektrizität	4,92E+00 MJ	1,37E-01 MJ	2,14E+00 MJ	3,72E+00 MJ	5,24E-02 MJ	2,09E+00 MJ		4,04E+00 MJ	**1,7E+01 MJ**
	Prozesswärme		3,01E-01 MJ				5,46E-02 MJ			**3,6E-01 MJ**
	Farbstoff			5,15E+00 g			9,33E-01 g			**6,1E+00 g**
	Textilgrund-chemikalien			2,62E+01 g			4,74E+00 g			**3,1E+01 g**
	Textilhilfsmittel			1,55E+01 g			2,80E+00 g			**1,8E+01 g**
Outpu	Abwasser			2,09E+01 1			4,57E+00 1			**2,5E+01 l**
	Fernwärme							5,06E-01 MJ		**5,1E-01 MJ**
	Elektrizität							1,35E+00 MJ		**1,4E+00 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	-3,75E+01 MJ	-7,71E-09 MJ	-5,51E-13 MJ	-8,83E-13 MJ	-1,35E-14 MJ	-6,81E+00 MJ		-5,19E-13 MJ	**-4,4E+01 MJ**
	Atomkraft	3,65E+00 MJ	2,24E-01 MJ	2,00E+00 MJ	3,21E+00 MJ	4,89E-02 MJ	1,78E+00 MJ		1,90E+00 MJ	**1,3E+01 MJ**
	Biomasse	1,52E-01 MJ	6,46E-03 MJ	9,07E-02 MJ	1,45E-01 MJ	2,22E-03 MJ	1,05E-01 MJ		8,56E-02 MJ	**5,9E-01 MJ**
	Braunkohle	2,66E+00 MJ	1,65E-01 MJ	1,54E+00 MJ	2,48E+00 MJ	3,78E-02 MJ	1,24E+00 MJ		1,48E+00 MJ	**9,6E+00 MJ**
	Eisen-Schrott	1,05E+00 g	4,08E-01 g	2,58E-01 g	4,14E-01 g	6,33E-03 g	3,98E-01 g		2,44E-01 g	**2,8E+00 g**
	Erdgas	2,20E+00 MJ	8,50E-02 MJ	5,39E-01 MJ	8,65E-01 MJ	1,32E-02 MJ	7,52E-01 MJ		9,91E-03 MJ	**4,5E+00 MJ**
	Erdöl	8,20E+00 MJ	1,57E+00 MJ	7,48E-02 MJ	1,20E-01 MJ	1,83E-03 MJ	1,89E+00 MJ		7,42E-02 MJ	**1,2E+01 MJ**
	Erze	3,56E+00 g	1,33E+00 g	9,03E-01 g	1,45E+00 g	2,21E-02 g	1,38E+00 g		8,52E-01 g	**9,5E+00 g**
	Fe-Schrott	5,94E-08 g	1,23E-08 g	3,21E-10 g	5,15E-10 g	7,86E-12 g	1,31E-08 g		3,03E-10 g	**8,6E-08 g**
	Geothermie	1,05E-03 MJ	4,28E-06 MJ	5,66E-06 MJ	9,07E-06 MJ	1,39E-07 MJ	1,93E-04 MJ		5,34E-06 MJ	**1,3E-03 MJ**
	Luft	1,29E+01 g	8,95E-02 g	4,50E-02 g	7,23E-02 g	1,10E-03 g	2,59E+00 g		4,25E-02 g	**1,6E+01 g**
	Mineralien	2,00E+01 g	1,37E+00 g	8,72E+00 g	1,40E+01 g	2,14E-01 g	8,40E+00 g		9,94E+00 g	**6,3E+01 g**
	Müll	8,33E-01 MJ	5,69E-02 MJ	4,83E-01 MJ	7,74E-01 MJ	1,18E-02 MJ	4,10E-01 MJ		4,55E-01 MJ	**3,0E+00 MJ**
	NE-Schrott	3,17E-03 g	2,11E-04 g	1,59E-03 g	2,55E-03 g	3,89E-05 g	1,43E-03 g		3,00E-03 g	**1,2E-02 g**
	Sekundärrohstoffe	9,38E-03 MJ	3,64E-03 MJ	2,30E-03 MJ	3,69E-03 MJ	5,64E-05 MJ	3,54E-03 MJ		2,17E-03 MJ	**2,5E-02 MJ**
	Steinkohle	2,15E+00 MJ	-4,21E-01 MJ	1,41E+00 MJ	2,26E+00 MJ	3,45E-02 MJ	1,02E+00 MJ		1,34E+00 MJ	**7,8E+00 MJ**
	Wasser	3,57E+00 1	7,04E-01 1	2,03E+00 1	3,26E+00 1	4,11E-01 1	2,43E+00 1		2,00E+00 1	**1,4E+01 l**
	Wasserkraft	2,34E-01 MJ	1,62E-02 MJ	1,07E-01 MJ	1,71E-01 MJ	2,61E-03 MJ	1,09E-01 MJ		1,02E-01 MJ	**7,4E-01 MJ**
	Wind	5,21E-02 MJ	2,62E-03 MJ	3,68E-02 MJ	5,91E-02 MJ	9,02E-04 MJ	2,89E-02 MJ		3,47E-02 MJ	**2,2E-01 MJ**
Luftemissionen	As	6,67E-06 g	2,24E-06 g	5,92E-06 g	9,49E-06 g	1,45E-07 g	4,66E-06 g	-3,65E-07 g	5,58E-06 g	**3,4E-05 g**
	Cd	2,06E-06 g	9,18E-06 g	1,83E-06 g	2,93E-06 g	4,48E-08 g	2,91E-06 g	1,00E-06 g	1,72E-06 g	**2,2E-05 g**
	CH4	1,91E+00 g	7,76E-02 g	6,79E-01 g	1,09E+00 g	1,66E-02 g	6,97E-01 g	-5,70E-02 g	6,48E-01 g	**5,1E+00 g**
	CO	6,40E-01 g	1,48E-01 g	1,27E-01 g	2,04E-01 g	3,11E-03 g	2,65E-01 g	2,03E-02 g	1,21E-01 g	**1,5E+00 g**
	CO2	7,53E+02 g	2,35E+02 g	3,57E+02 g	5,73E+02 g	8,75E+00 g	3,69E+02 g	5,56E+01 g	3,40E+02 g	**2,7E+03 g**
	Cr	6,11E-06 g	4,57E-06 g	5,41E-06 g	8,69E-06 g	1,33E-07 g	4,72E-06 g	-5,70E-07 g	5,11E-06 g	**3,4E-05 g**
	H2S	-9,29E-02 g	7,48E-08 g	1,31E-06 g	2,10E-06 g	3,21E-08 g	-1,45E-02 g	1,74E-04 g	3,23E-06 g	**-1,1E-01 g**
	HCl	2,45E-02 g	-2,64E-03 g	1,01E-02 g	1,63E-02 g	2,48E-04 g	8,65E-03 g	3,34E-04 g	9,71E-03 g	**6,7E-02 g**
	HF	1,09E-03 g	4,72E-05 g	7,27E-04 g	1,17E-03 g	1,78E-05 g	5,98E-04 g	-1,89E-05 g	6,91E-04 g	**4,3E-03 g**
	Hg	7,29E-06 g	-9,20E-04 g	6,36E-06 g	1,02E-05 g	1,56E-07 g	-1,62E-04 g	-1,23E-07 g	6,00E-06 g	**-1,1E-03 g**
	N2O	1,46E-02 g	5,93E-03 g	1,30E-02 g	2,08E-02 g	3,18E-04 g	9,81E-03 g	-1,35E-03 g	1,25E-02 g	**7,6E-02 g**
	NH3	-2,07E-01 g	1,07E-05 g	1,12E-06 g	1,80E-06 g	2,75E-08 g	-3,72E-02 g	5,32E-06 g	1,64E-05 g	**-2,4E-01 g**
	Ni	1,63E-05 g	1,82E-04 g	1,45E-05 g	2,33E-05 g	3,55E-07 g	4,33E-05 g	-9,00E-07 g	1,37E-05 g	**2,9E-04 g**
	NMVOC	1,82E+00 g	6,78E-01 g	2,46E-02 g	3,94E-02 g	6,02E-04 g	5,30E-01 g	1,04E-03 g	2,33E-02 g	**3,1E+00 g**
	NOx	2,60E+00 g	8,77E-01 g	3,78E-01 g	6,07E-01 g	9,27E-03 g	9,74E-01 g	5,08E-02 g	3,64E-01 g	**5,9E+00 g**
	PAH	2,02E-10 g	1,44E-08 g	1,70E-10 g	2,72E-10 g	4,16E-12 g	1,07E-08 g	2,68E-09 g	1,61E-10 g	**2,9E-08 g**
	Pb	2,65E-05 g	1,46E-05 g	1,87E-05 g	3,00E-05 g	4,58E-07 g	1,63E-05 g	1,96E-05 g	1,76E-05 g	**1,4E-04 g**
	PCDD/F	2,07E-11 g	1,84E-11 g	1,10E-11 g	1,76E-11 g	2,69E-13 g	1,27E-11 g	1,71E-12 g	1,04E-11 g	**9,3E-11 g**
	Perfluoraethan	9,95E-06 g	2,16E-07 g	5,30E-06 g	8,50E-06 g	1,30E-07 g	4,57E-06 g	-7,05E-08 g	5,00E-06 g	**3,4E-05 g**
	Perfluormethan	1,25E-06 g	3,87E-07 g	6,66E-07 g	1,07E-06 g	1,63E-08 g	6,40E-07 g	-5,60E-07 g	6,29E-07 g	**4,1E-06 g**
	SO2	1,52E+00 g	2,41E-01 g	2,30E-01 g	3,69E-01 g	5,63E-03 g	5,72E-01 g	-2,28E-02 g	2,29E-01 g	**3,1E+00 g**
	Staub	1,17E-01 g	5,27E-02 g	3,12E-02 g	5,00E-02 g	7,64E-04 g	9,45E-02 g	-3,09E-03 g	1,50E-01 g	**4,9E-01 g**
	TOPP-Äquivalent	1,26E+00 g	1,76E+00 g	5,04E-01 g	8,08E-01 g	1,23E-02 g	9,25E-01 g	2,63E-03 g	4,83E-01	**5,8E+00 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	2,29E-02 g	1,29E-05 g	2,01E-04 g	3,23E-04 g	4,93E-06 g	4,13E-02 g	-4,21E-05 g	2,39E-01 g	**3,0E-01 g**
	AOX	1,71E-08 g	9,65E-10 g	2,75E-02 g	2,42E-08 g	3,69E-10 g	4,85E-01 g	5,23E-08 g	1,48E-08 g	**5,1E-01 g**
	Arsen (As)	6,43E-09 g	2,76E-13 g	3,90E-12 g	6,25E-12 g	9,54E-14 g	1,62E-07 g	7,20E-10 g	1,19E-11 g	**1,7E-07 g**
	Blei (Pb)	6,86E-08 g	4,40E-12 g	6,21E-11 g	9,95E-11 g	1,52E-12 g	6,76E-07 g	1,15E-08 g	1,90E-10 g	**7,6E-07 g**
	BSB5	9,49E-04 g	4,32E-05 g	5,93E+00 g	1,08E-03 g	1,65E-05 g	1,18E+00 g	-8,59E-05 g	6,37E-04 g	**7,1E+00 g**
	Cadmium (Cd)	1,71E-09 g	6,76E-13 g		1,53E-11 g	2,33E-13 g	1,27E-08	1,75E-09 g	2,91E-11 g	**1,6E-08 g**
	Chrom (Cr)	2,77E-10 g	6,68E-13 g	1,22E-02 g	1,51E-11 g	2,31E-13 g	2,21E-03 g	1,74E-09 g	2,88E-11 g	**1,4E-02 g**
	CSB	9,06E-02 g	1,53E-03 g	2,57E+01 g	3,83E-02 g	5,85E-04 g	5,38E+00 g	-4,40E-03 g	5,23E-01 g	**3,2E+01 g**
	Phosphor (P)	3,31E-03 g	7,16E-09 g	3,41E-02 g	1,79E-07 g	2,74E-09 g	7,38E-03 g	-1,22E-08 g	1,05E-07 g	**4,5E-02 g**
	Quecksilber (Hg)	5,86E-09 g	3,37E-13 g	4,76E-12 g	7,63E-12 g	1,17E-13 g	1,26E-09 g	8,78E-10 g	1,46E-11 g	**8,0E-09 g**
	Stickstoff (N)	1,04E-02 g	4,22E-07 g	2,72E-01 g	1,06E-05 g	1,61E-07 g	5,49E-02 g	5,78E-06 g	6,29E-06 g	**3,4E-01 g**
Abfall	Abraum	2,55E+03 g	1,27E+02 g	1,56E+03 g	2,50E+03 g	3,82E+01 g	1,21E+03 g	-2,19E+02 g	1,47E+03 g	**9,2E+03 g**
	Asche	5,40E+01 g	7,85E-01 g	3,22E+01 g	5,17E+01 g	7,90E-01 g	2,58E+01 g	1,65E+01 g	3,05E+01 g	**2,1E+02 g**
	Klärschlamm	1,67E-01 g	1,39E-01 g	4,68E+01 g	1,68E-03 g	2,56E-05 g	8,91E+00 g	-1,14E-04 g	9,88E-04 g	**5,6E+01 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	2,07E-03 g	8,35E-05 g	7,34E-04 g	1,18E-03 g	1,80E-05 g	7,67E-04 g	-7,71E-05 g	6,92E-04 g	**5,5E-03 g**
	Produktionsabfall	2,97E+00 g	1,86E+01 g	6,83E-01 g	4,27E+01 g	1,15E-02 g	4,87E+00 g	-7,35E-02 g	1,53E+00 g	**7,1E+01 g**
	REA-Reststoff	1,32E+01 g	-3,81E-01 g	6,45E+00 g	1,03E+01 g	1,58E-01 g	5,47E+00 g	1,57E+00 g	6,09E+00 g	**4,3E+01 g**

Abb. 90: Sachbilanz Kittel D SP

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Modul / Auswirkung	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Input	Elektrizität	1,06E+01 MJ	5,09E-01 MJ	2,82E-01 MJ	3,82E+00 MJ	3,72E+00 MJ	9,52E-02 MJ	1,02E+00 MJ		6,37E+00 MJ	**2,6E+01 MJ**
	Prozesswärme			MJ				4,07E-02 MJ			**4,1E-02 MJ**
	Farbstoff				9,20E+00 g			6,96E-01 g			**9,9E+00 g**
	Textilgrund-chemikalien				4,67E+01 g			3,53E+00 g			**5,0E+01 g**
	Textilhilfsmittel				2,76E+01 g			2,09E+00 g			**3,0E+01 g**
Outpu	Abwasser	1,53E-02			3,74E+01 l			2,82E+00 l			**4,0E+01 l**
	Fernwärme								9,19E-01 MJ		**9,2E-01 MJ**
	Elektrizität								2,45E+00 MJ		**2,5E+00 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	-5,14E+00 MJ		-6,84E-02 MJ	-9,83E-13 MJ	-8,83E-13 MJ	-2,45E-14 MJ	-5,09E+00 MJ		-8,19E-13 MJ	**-1,0E+01 MJ**
	Atomkraft	9,15E+00 MJ		6,32E-01 MJ	3,57E+00 MJ	3,21E+00 MJ	8,89E-02 MJ	9,17E-01 MJ		3,00E+00 MJ	**2,1E+01 MJ**
	Biomasse	5,11E-01 MJ	5,55E-02 g	1,10E-01 MJ	1,62E-01 MJ	1,45E-01 MJ	4,04E-03 MJ	6,82E-02 MJ		1,35E-01 MJ	**1,2E+00 MJ**
	Braunkohle	6,33E+00 MJ	2,22E-01 g	2,99E-01 MJ	2,76E+00 MJ	2,48E+00 MJ	6,87E-02 MJ	6,25E-01 MJ		2,34E+00 MJ	**1,5E+01 MJ**
	Eisen-Schrott	1,30E+00 g		5,56E-01 g	4,61E-01 g	4,14E-01 g	1,15E-02 g	2,38E-01 g		3,85E-01 g	**3,4E+00 g**
	Erdgas	2,50E+00 MJ	4,73E-01 g	6,43E-01 MJ	9,63E-01 MJ	8,65E-01 MJ	2,40E-02 MJ	5,40E-01 MJ		1,56E-02 MJ	**6,0E+00 MJ**
	Erdöl	2,54E+00 MJ	1,36E-01 g	2,52E+00 MJ	1,34E-01 MJ	1,20E-01 MJ	3,33E-03 MJ	1,47E+00 MJ		1,17E-01 MJ	**7,0E+00 MJ**
	Erze	4,53E+00 g		1,97E+00 g	1,61E+00 g	1,45E+00 g	4,02E-02 g	8,55E-01 g		1,34E+00 g	**1,2E+01 g**
	Fe-Schrott	1,06E-08 g		1,64E-08 g	5,73E-10 g	5,15E-10 g	1,43E-11 g	9,73E-09 g		4,77E-10 g	**3,8E-08 g**
	Geothermie	5,14E-04 MJ		5,96E-06 MJ	1,01E-05 MJ	9,07E-06 MJ	2,52E-07 MJ	1,43E-04 MJ		8,42E-06 MJ	**6,9E-04 MJ**
	Luft	1,97E+00 g		1,27E-01 g	8,04E-02 g	7,23E-02 g	2,00E-03 g	2,14E+00 g		6,70E-02 g	**4,5E+00 g**
	Mineralien	4,08E+01 g		2,40E+00 g	1,56E+01 g	1,40E+01 g	3,88E-01 g	4,31E+00 g		1,57E+01 g	**9,3E+01 g**
	Müll	2,20E+00 MJ		9,82E-02 MJ	8,62E-01 MJ	7,74E-01 MJ	2,15E-02 MJ	1,96E-01 MJ		7,18E-01 MJ	**4,9E+00 MJ**
	NE-Schrott	7,37E-03 g		3,55E-04 g	2,84E-03 g	2,55E-03 g	7,07E-05 g	7,04E-04 g		4,73E-03 g	**1,9E-02 g**
	Sekundär-rohstoffe	1,19E-02 MJ		4,95E-03 MJ	4,11E-03 MJ	3,69E-03 MJ	1,02E-04 MJ	2,12E-03 MJ		3,43E-03 MJ	**3,0E-02 MJ**
	Steinkohle	6,39E+00 MJ	4,43E-01 g	-2,57E-01 MJ	2,52E+00 MJ	2,26E+00 MJ	6,27E-02 MJ	5,34E-01 MJ		2,12E+00 MJ	**1,4E+01 MJ**
	Wasser	1,46E+01 l	2,79E-01 l	1,28E+00 l	3,63E+00 l	3,26E+00 l	7,46E-01 l	9,80E-01 l		3,16E+00 l	**2,8E+01 l**
	Wasserkraft	4,83E-01 MJ	7,17E-01 g	7,84E-02 MJ	1,91E-01 MJ	1,71E-01 MJ	4,75E-03 MJ	6,78E-02 MJ		1,60E-01 MJ	**1,9E+00 MJ**
	Wind	1,66E-01 MJ		5,20E-03 MJ	6,58E-02 MJ	5,91E-02 MJ	1,64E-03 MJ	1,31E-02 MJ		5,48E-02 MJ	**3,7E-01 MJ**
Luftemissionen	As	2,13E-05 g		3,26E-06 g	1,06E-05 g	9,49E-06 g	2,63E-07 g	2,13E-06 g	-6,64E-07 g	8,80E-06 g	**5,5E-05 g**
	Cd	8,90E-06 g		1,23E-05 g	3,27E-06 g	2,93E-06 g	8,13E-08 g	1,80E-06 g	1,82E-06 g	2,72E-06 g	**3,4E-05 g**
	CH4	1,93E+00 g	5,33E-01 g	4,96E-01 g	1,21E+00 g	1,09E+00 g	3,02E-02 g	4,96E-01 g	-1,03E-01 g	1,02E+00 g	**6,7E+00 g**
	CO	4,24E+00 g	1,58E-01 g	2,73E-01 g	2,27E-01 g	2,04E-01 g	5,65E-03 g	1,50E-01 g	3,68E-02 g	1,90E-01 g	**5,5E+00 g**
	CO2	1,28E+03 g		4,16E+02 g	6,38E+02 g	5,73E+02 g	1,59E+01 g	2,18E+02 g	1,01E+02 g	5,37E+02 g	**3,8E+03 g**
	Cr	2,02E-05 g		6,34E-06 g	9,67E-06 g	8,69E-06 g	2,41E-07 g	2,29E-06 g	-1,03E-06 g	8,06E-06 g	**5,4E-05 g**
	H2S	5,83E-03 g		1,19E-04 g	2,34E-06 g	2,10E-06 g	5,83E-08 g	-1,25E-02 g	3,16E-04 g	5,09E-06 g	**-6,2E-03 g**
	HCl	2,57E-02 g		1,88E-03 g	1,81E-02 g	1,63E-02 g	4,51E-04 g	6,19E-03 g	6,06E-04 g	1,53E-02 g	**8,5E-02 g**
	HF	2,32E-03 g		3,53E-04 g	1,30E-03 g	1,17E-03 g	3,24E-05 g	3,53E-04 g	-3,43E-05 g	1,09E-03 g	**6,6E-03 g**
	Hg	1,87E-05 g		-1,23E-03 g	1,14E-05 g	1,02E-05 g	2,83E-07 g	-1,22E-04 g	-2,23E-07 g	9,47E-06 g	**-1,3E-03 g**
	N2O	3,07E-01 g		8,51E-03 g	2,32E-02 g	2,08E-02 g	5,78E-04 g	4,81E-03 g	-2,46E-03 g	1,98E-02 g	**3,8E-01 g**
	NH3	8,72E-02 g		1,44E-05 g	2,01E-06 g	1,80E-06 g	5,00E-08 g	-2,79E-02 g	9,67E-06 g	2,58E-05 g	**5,9E-02 g**
	Ni	1,21E-04 g		2,43E-04 g	2,59E-05 g	2,33E-05 g	6,46E-07 g	2,91E-05 g	-1,64E-06 g	2,16E-05 g	**4,6E-04 g**
	NMVOC	4,65E-01 g		1,22E+00 g	4,39E-02 g	3,94E-02 g	1,09E-03 g	4,48E-01 g	1,89E-03 g	3,68E-02 g	**2,3E+00 g**
	NOx	2,81E+00 g	7,03E-01 g	1,72E+00 g	6,76E-01 g	6,07E-01 g	1,68E-02 g	7,08E-01 g	9,22E-02 g	5,74E-01 g	**7,9E+00 g**
	PAH	2,12E-07 g		1,91E-08 g	3,03E-10 g	2,72E-10 g	7,55E-12 g	1,99E-09 g	4,86E-09 g	2,54E-10 g	**2,4E-07 g**
	Pb	6,32E-05 g		2,03E-05 g	3,34E-05 g	3,00E-05 g	8,32E-07 g	8,46E-06 g	3,56E-05 g	2,78E-05 g	**2,2E-04 g**
	PCDD/F	6,39E-11 g		2,51E-11 g	1,96E-11 g	1,76E-11 g	4,89E-13 g	7,00E-12 g	3,11E-12 g	1,64E-11 g	**1,5E-10 g**
	Perfluoraethan	1,86E-05 g		5,34E-07 g	9,47E-06 g	8,50E-06 g	2,36E-07 g	2,20E-06 g	-1,28E-07 g	7,89E-06 g	**4,7E-05 g**
	Perfluormethan	2,74E-06 g		5,46E-07 g	1,19E-06 g	1,07E-06 g	2,96E-08 g	3,25E-07 g	-1,02E-06 g	9,92E-07 g	**5,9E-06 g**
	SO2	1,50E+00 g	5,16E-01 g	8,95E-01 g	4,11E-01 g	3,69E-01 g	1,02E-02 g	4,62E-01 g	-4,13E-02 g	3,61E-01 g	**4,5E+00 g**
	Staub	2,70E-01 g		2,24E-01 g	5,57E-02 g	5,00E-02 g	1,39E-03 g	7,90E-02 g	-5,61E-03 g	2,37E-01 g	**9,1E-01 g**
	TOPP-Äquivalent	4,50E+00 g		3,35E+00 g	8,99E-01 g	8,08E-01 g	2,24E-02 g	8,17E-01 g	4,78E-03 g	7,63E-01	**1,1E+01 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	1,51E+02 g		1,27E-02 g	3,59E-04 g	3,23E-04 g	8,95E-06 g	7,37E-03 g	-7,64E-05 g	3,78E-01 g	**1,5E+02 g**
	AOX	4,56E+00 g		1,85E-08 g	4,91E-02 g	2,42E-08 g	6,70E-10 g	3,71E-03 g	9,49E-08 g	2,34E-08 g	**4,6E+00 g**
	Arsen (As)	4,29E-06 g		5,49E-13 g	6,96E-12 g	6,25E-12 g	1,73E-13 g	8,69E-10 g	1,31E-09 g	1,88E-11 g	**4,3E-06 g**
	Blei (Pb)	1,59E-05 g		8,74E-12 g	1,11E-10 g	9,95E-11 g	2,76E-12 g	9,27E-09 g	2,08E-08 g	3,00E-10 g	**1,6E-05 g**
	BSB5	2,15E-01 g		7,29E-03 g	1,06E+01 g	1,08E-03 g	3,00E-05 g	8,04E-01 g	-1,56E-04 g	1,00E-03 g	**1,2E+01 g**
	Cadmium (Cd)	6,84E-07 g		1,34E-12 g		1,53E-11 g	4,23E-13 g	2,32E-10	3,18E-09 g	4,59E-11 g	**6,9E-07 g**
	Chrom (Cr)	7,88E-06 g		1,33E-12 g	2,18E-02 g	1,51E-11 g	4,19E-13 g	1,65E-03 g	3,16E-09 g	4,55E-11 g	**2,3E-02 g**
	CSB	3,18E+00 g		3,84E-02 g	4,60E+01 g	3,83E-02 g	1,06E-03 g	3,50E+00 g	-7,99E-03 g	8,26E-01 g	**5,4E+01 g**
	Phosphor (P)	1,62E-03 g		2,28E-04 g	6,09E-02 g	1,79E-07 g	4,97E-09 g	5,12E-03 g	-2,21E-08 g	1,66E-07 g	**6,8E-02 g**
	Quecksilber (Hg)	9,81E-08 g		6,70E-13 g	8,50E-12 g	7,63E-12 g	2,12E-13 g	7,92E-10 g	1,60E-09 g	2,30E-11 g	**1,0E-07 g**
	Stickstoff (N)	1,38E-02 g		9,22E-04 g	4,86E-01 g	1,06E-05 g	2,93E-07 g	3,84E-02 g	1,05E-05 g	9,93E-06 g	**5,4E-01 g**
Abfall	Abraum	4,80E+03 g		2,44E+02 g	2,78E+03 g	2,50E+03 g	6,94E+01 g	6,06E+02 g	-3,98E+02 g	2,32E+03 g	**1,3E+04 g**
	Asche	5,72E+01 g		3,14E+00 g	5,76E+01 g	5,17E+01 g	1,43E+00 g	1,26E+01 g	3,00E+01 g	4,81E+01 g	**2,6E+02 g**
	Klärschlamm	5,66E+00 g		1,85E-01 g	8,35E+01 g	1,68E-03 g	4,66E-05 g	6,35E+00 g	-2,08E-04 g	1,56E-03 g	**9,6E+01 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	7,49E+00 g		1,45E-04 g	1,31E-03 g	1,18E-03 g	3,26E-05 g	4,05E-04 g	-1,40E-04 g	1,09E-03 g	**7,5E+00 g**
	Produktionsabfall	6,38E+02 g	2,10E+01 g	3,64E+01 g	1,22E+00 g	4,27E+01 g	2,09E-02 g	4,22E+00 g	-1,34E-01 g	2,42E+00 g	**7,5E+02 g**
	REA-Reststoff	2,13E+01 g		-2,07E-01 g	1,15E+01 g	1,03E+01 g	2,87E-01 g	2,74E+00 g	2,86E+00 g	9,60E+00 g	**5,8E+01 g**

Abb. 91: Sachbilanz Kittel E HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Modul / Auswirkung	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Input	Elektrizität	1,02E+01 MJ	5,47E-01 MJ	1,76E-01 MJ	2,75E+00 MJ	3,72E+00 MJ	6,85E-02 MJ	6,61E-01 MJ		4,69E+00 MJ	**2,3E+01 MJ**
	Prozesswärme			MJ				3,88E-02 MJ			**3,9E-02 MJ**
	Farbstoff				6,62E+00 g			6,63E-01 g			**7,3E+00 g**
	Textilgrund-chemikalien				3,36E+01 g			3,37E+00 g			**3,7E+01 g**
	Textilhilfsmittel				1,99E+01 g			1,99E+00 g			**2,2E+01 g**
Outpu	Abwasser	1,64E-02			2,69E+01 l			2,69E+00 l			**3,0E+01 l**
	Fernwärme								6,62E-01 MJ		**6,6E-01 MJ**
	Elektrizität								1,77E+00 MJ		**1,8E+00 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	-2,43E-12 MJ		-9,89E-09 MJ	-7,08E-13 MJ	-8,83E-13 MJ	-1,76E-14 MJ	-2,78E-02 MJ		-6,03E-13 MJ	**-2,8E-02 MJ**
	Atomkraft	8,83E+00 MJ		2,87E-01 MJ	2,57E+00 MJ	3,21E+00 MJ	6,40E-02 MJ	6,20E-01 MJ		2,21E+00 MJ	**1,8E+01 MJ**
	Biomasse	5,07E-01 MJ	5,97E-02 g	8,29E-03 MJ	1,17E-01 MJ	1,45E-01 MJ	2,90E-03 MJ	5,75E-02 MJ		9,94E-02 MJ	**1,0E+00 MJ**
	Braunkohle	6,06E+00 MJ	2,38E-01 g	2,12E-01 MJ	1,99E+00 MJ	2,48E+00 MJ	4,95E-02 MJ	4,11E-01 MJ		1,72E+00 MJ	**1,3E+01 MJ**
	Eisen-Schrott	1,14E+00 g		5,24E-01 g	3,32E-01 g	4,14E-01 g	8,27E-03 g	1,37E-01 g		2,83E-01 g	**2,8E+00 g**
	Erdgas	2,12E+00 MJ	5,08E-01 g	1,09E-01 MJ	6,93E-01 MJ	8,65E-01 MJ	1,73E-02 MJ	3,56E-01 MJ		1,15E-02 MJ	**4,7E+00 MJ**
	Erdöl	3,86E-01 MJ	1,46E-01 g	2,02E+00 MJ	9,61E-02 MJ	1,20E-01 MJ	2,39E-03 MJ	8,57E-01 MJ		8,61E-02 MJ	**3,7E+00 MJ**
	Erze	3,99E+00 g		1,71E+00 g	1,16E+00 g	1,45E+00 g	2,89E-02 g	5,20E-01 g		9,90E-01 g	**9,8E+00 g**
	Fe-Schrott	1,42E-09 g		1,58E-08 g	4,12E-10 g	5,15E-10 g	1,03E-11 g	2,17E-09 g		3,51E-10 g	**2,1E-08 g**
	Geothermie	2,50E-05 MJ		5,49E-06 MJ	7,27E-06 MJ	9,07E-06 MJ	1,81E-07 MJ	1,65E-04 MJ		6,20E-06 MJ	**2,2E-04 MJ**
	Luft	1,99E-01 g		1,15E-01 g	5,79E-02 g	7,23E-02 g	1,44E-03 g	4,23E-01 g		4,94E-02 g	**9,2E-01 g**
	Mineralien	3,85E+01 g		1,75E+00 g	1,12E+01 g	1,40E+01 g	2,79E-01 g	2,61E+00 g		1,15E+01 g	**8,0E+01 g**
	Müll	2,13E+00 MJ		7,30E-02 MJ	6,20E-01 MJ	7,74E-01 MJ	1,55E-02 MJ	1,27E-01 MJ		5,29E-01 MJ	**4,3E+00 MJ**
	NE-Schrott	7,02E-03 g		2,71E-04 g	2,04E-03 g	2,55E-03 g	5,09E-05 g	4,57E-04 g		3,48E-03 g	**1,6E-02 g**
	Sekundär-rohstoffe	1,02E-02 MJ		4,67E-03 MJ	2,96E-03 MJ	3,69E-03 MJ	7,37E-05 MJ	1,37E-03 MJ		2,52E-03 MJ	**2,5E-02 MJ**
	Steinkohle	5,56E+00 MJ	4,76E-01 g	-5,41E-01 MJ	1,81E+00 MJ	2,26E+00 MJ	4,51E-02 MJ	6,78E-01 MJ		1,56E+00 MJ	**1,2E+01 MJ**
	Wasser	1,48E+01 l	3,00E-01 l	9,04E-01 l	2,61E+00 l	3,26E+00 l	5,37E-01 l	6,72E-01 l		2,33E+00 l	**2,5E+01 l**
	Wasserkraft	4,53E-01 MJ	7,70E-01 g	2,08E-02 MJ	1,37E-01 MJ	1,71E-01 MJ	3,42E-03 MJ	5,81E-02 MJ		1,18E-01 MJ	**1,7E+00 MJ**
	Wind	1,63E-01 MJ		3,37E-03 MJ	4,73E-02 MJ	5,91E-02 MJ	1,18E-03 MJ	9,20E-03 MJ		4,03E-02 MJ	**3,2E-01 MJ**
Luftemissionen	As	1,95E-05 g		2,88E-06 g	7,60E-06 g	9,49E-06 g	1,89E-07 g	2,25E-06 g	-4,78E-07 g	6,48E-06 g	**4,8E-05 g**
	Cd	5,48E-06 g		1,18E-05 g	2,35E-06 g	2,93E-06 g	5,85E-08 g	3,11E-06 g	1,31E-06 g	2,00E-06 g	**2,9E-05 g**
	CH4	1,61E+00 g	5,73E-01 g	9,97E-02 g	8,73E-01 g	1,09E+00 g	2,18E-02 g	3,25E-01 g	-7,45E-02 g	7,52E-01 g	**5,3E+00 g**
	CO	4,41E+00 g	1,69E-01 g	1,91E-01 g	1,63E-01 g	2,04E-01 g	4,07E-03 g	8,74E-02 g	2,65E-02 g	1,40E-01 g	**5,4E+00 g**
	CO2	1,17E+03 g		3,02E+02 g	4,59E+02 g	5,73E+02 g	1,14E+01 g	1,55E+02 g	7,27E+01 g	3,95E+02 g	**3,1E+03 g**
	Cr	1,79E-05 g		5,87E-06 g	6,96E-06 g	8,69E-06 g	1,73E-07 g	2,68E-06 g	-7,45E-07 g	5,93E-06 g	**4,7E-05 g**
	H2S	1,99E-02 g		9,61E-08 g	1,68E-06 g	2,10E-06 g	4,20E-08 g	4,86E-05 g	2,27E-04 g	3,75E-06 g	**2,0E-02 g**
	HCl	2,13E-02 g		-3,38E-03 g	1,30E-02 g	1,63E-02 g	3,24E-04 g	4,06E-03 g	4,36E-04 g	1,13E-02 g	**6,3E-02 g**
	HF	2,11E-03 g		6,06E-05 g	9,35E-04 g	1,17E-03 g	2,33E-05 g	3,03E-04 g	-2,47E-05 g	8,02E-04 g	**5,4E-03 g**
	Hg	1,77E-05 g		-1,18E-03 g	8,18E-06 g	1,02E-05 g	2,04E-07 g	-1,17E-04 g	-1,60E-07 g	6,97E-06 g	**-1,3E-03 g**
	N2O	3,25E-01 g		7,61E-03 g	1,67E-02 g	2,08E-02 g	4,16E-04 g	3,85E-03 g	-1,77E-03 g	1,46E-02 g	**3,9E-01 g**
	NH3	1,24E-01 g		1,38E-05 g	1,44E-06 g	1,80E-06 g	3,60E-08 g	6,54E-06 g	6,96E-06 g	1,90E-05 g	**1,2E-01 g**
	Ni	5,16E-05 g		2,34E-04 g	1,87E-05 g	2,33E-05 g	4,65E-07 g	5,87E-05 g	-1,18E-06 g	1,59E-05 g	**4,0E-04 g**
	NMVOC	1,23E-01 g		8,70E-01 g	3,16E-02 g	3,94E-02 g	7,87E-04 g	2,49E-01 g	1,36E-03 g	2,71E-02 g	**1,3E+00 g**
	NOx	2,47E+00 g	7,55E-01 g	1,13E+00 g	4,86E-01 g	6,07E-01 g	1,21E-02 g	4,35E-01 g	6,64E-02 g	4,22E-01 g	**6,4E+00 g**
	PAH	1,02E-07 g		1,84E-08 g	2,18E-10 g	2,72E-10 g	5,44E-12 g	5,74E-08 g	3,50E-09 g	1,87E-10 g	**1,8E-07 g**
	Pb	5,41E-05 g		1,87E-05 g	2,40E-05 g	3,00E-05 g	5,99E-07 g	9,07E-06 g	2,56E-05 g	2,05E-05 g	**1,8E-04 g**
	PCDD/F	6,11E-11 g		2,37E-11 g	1,41E-11 g	1,76E-11 g	3,52E-13 g	6,05E-12 g	2,24E-12 g	1,21E-11 g	**1,4E-10 g**
	Perfluoraethan	1,71E-05 g		2,77E-07 g	6,81E-06 g	8,50E-06 g	1,70E-07 g	1,44E-06 g	-9,21E-08 g	5,81E-06 g	**4,0E-05 g**
	Perfluormethan	2,55E-06 g		4,97E-07 g	8,57E-07 g	1,07E-06 g	2,13E-08 g	2,45E-07 g	-7,32E-07 g	7,30E-07 g	**5,2E-06 g**
	SO2	1,20E+00 g	5,54E-01 g	3,10E-01 g	2,96E-01 g	3,69E-01 g	7,36E-03 g	3,49E-01 g	-2,97E-02 g	2,65E-01 g	**3,3E+00 g**
	Staub	2,52E-01 g		6,76E-02 g	4,01E-02 g	5,00E-02 g	9,99E-04 g	7,34E-02 g	-4,04E-03 g	1,74E-01 g	**6,5E-01 g**
	TOPP-Äquivalent	4,40E+00 g		2,26E+00 g	6,47E-01 g	8,08E-01 g	1,61E-02 g	7,47E-01 g	3,44E-03 g	5,61E-01	**9,4E+00 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	1,62E+02 g		1,66E-05 g	2,59E-04 g	3,23E-04 g	6,45E-06 g	5,87E-03 g	-5,50E-05 g	2,78E-01 g	**1,6E+02 g**
	AOX	4,90E+00 g		1,24E-09 g	3,53E-02 g	2,42E-08 g	4,82E-10 g	3,54E-03 g	6,83E-08 g	1,72E-08 g	**4,9E+00 g**
	Arsen (As)	1,65E-06 g		3,55E-13 g	5,01E-12 g	6,25E-12 g	1,25E-13 g	1,29E-06 g	9,41E-10 g	1,39E-11 g	**2,9E-06 g**
	Blei (Pb)	6,83E-06 g		5,65E-12 g	7,98E-11 g	9,95E-11 g	1,99E-12 g	4,50E-06 g	1,50E-08 g	2,21E-10 g	**1,1E-05 g**
	BSB5	2,31E-01 g		5,55E-05 g	7,63E+00 g	1,08E-03 g	2,16E-05 g	7,66E-01 g	-1,12E-04 g	7,40E-04 g	**8,6E+00 g**
	Cadmium (Cd)	1,28E-07 g		8,67E-13 g		1,53E-11 g	3,05E-13 g	2,66E-07	2,29E-09 g	3,38E-11 g	**4,0E-07 g**
	Chrom (Cr)	8,47E-06 g		8,57E-13 g	1,57E-02 g	1,51E-11 g	3,01E-13 g	1,57E-03 g	2,27E-09 g	3,35E-11 g	**1,7E-02 g**
	CSB	3,39E+00 g		1,97E-03 g	3,31E+01 g	3,83E-02 g	7,65E-04 g	3,33E+00 g	-5,75E-03 g	6,08E-01 g	**4,0E+01 g**
	Phosphor (P)	1,25E-03 g		9,19E-09 g	4,38E-02 g	1,79E-07 g	3,58E-09 g	4,47E-03 g	-1,59E-08 g	1,22E-07 g	**5,0E-02 g**
	Quecksilber (Hg)	2,05E-09 g		4,33E-13 g	6,12E-12 g	7,63E-12 g	1,52E-13 g	4,49E-08 g	1,15E-09 g	1,69E-11 g	**4,8E-08 g**
	Stickstoff (N)	1,24E-02 g		5,42E-07 g	3,50E-01 g	1,06E-05 g	2,11E-07 g	3,57E-02 g	7,55E-06 g	7,31E-06 g	**4,0E-01 g**
Abfall	Abraum	4,34E+03 g		1,64E+02 g	2,00E+03 g	2,50E+03 g	4,99E+01 g	4,44E+02 g	-2,87E+02 g	1,71E+03 g	**1,1E+04 g**
	Asche	4,68E+01 g		1,01E+00 g	4,14E+01 g	5,17E+01 g	1,03E+00 g	8,11E+00 g	2,16E+01 g	3,54E+01 g	**2,1E+02 g**
	Klärschlamm	6,03E+00 g		1,78E-01 g	6,01E+01 g	1,68E-03 g	3,35E-05 g	6,05E+00 g	-1,49E-04 g	1,15E-03 g	**7,2E+01 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	8,05E+00 g		1,07E-04 g	9,43E-04 g	1,18E-03 g	2,35E-05 g	2,49E-04 g	-1,01E-04 g	8,04E-04 g	**8,0E+00 g**
	Produktionsabfall	6,85E+02 g	2,25E+01 g	2,38E+01 g	8,78E-01 g	4,27E+01 g	1,50E-02 g	4,08E+00 g	-9,61E-02 g	1,78E+00 g	**7,8E+02 g**
	REA-Reststoff	1,93E+01 g		-4,88E-01 g	8,29E+00 g	1,03E+01 g	2,07E-01 g	1,64E+00 g	2,06E+00 g	7,07E+00 g	**4,8E+01 g**

Abb. 92: Sachbilanz Kittel E SP

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Modul / Auswirkung	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Input	Elektrizität	9,56E+00 MJ	4,71E-01 MJ	2,32E-01 MJ	3,20E+00 MJ	3,72E+00 MJ	7,96E-02 MJ	4,13E-01 MJ		5,39E+00 MJ	**2,3E+01 MJ**
	Prozesswärme			MJ				3,97E-02 MJ			**4,0E-02 MJ**
	Farbstoff				7,69E+00 g			6,79E-01 g			**8,4E+00 g**
	Textilgrund-chemikalien				3,91E+01 g			3,45E+00 g			**4,3E+01 g**
	Textilhilfsmittel				2,31E+01 g			2,04E+00 g			**2,5E+01 g**
Outpu	Abwasser	1,41E-02			3,12E+01 l			2,76E+00 l			**3,4E+01 l**
	Fernwärme	0,00E+00							7,69E-01 MJ		**7,7E-01 MJ**
	Elektrizität	0,00E+00							2,05E+00 MJ		**2,1E+00 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	-3,57E+00 MJ		-4,39E-02 MJ	-8,22E-13 MJ	-8,83E-13 MJ	-2,05E-14 MJ	-2,34E-02 MJ		-6,93E-13 MJ	**-3,6E+00 MJ**
	Atomkraft	8,26E+00 MJ		4,86E-01 MJ	2,98E+00 MJ	3,21E+00 MJ	7,44E-02 MJ	4,76E-01 MJ		2,54E+00 MJ	**1,8E+01 MJ**
	Biomasse	4,65E-01 MJ	5,15E-02 g	7,31E-02 MJ	1,35E-01 MJ	1,45E-01 MJ	3,37E-03 MJ	5,13E-02 MJ		1,14E-01 MJ	**1,0E+00 MJ**
	Braunkohle	5,71E+00 MJ	2,05E-01 g	2,51E-01 MJ	2,31E+00 MJ	2,48E+00 MJ	5,75E-02 MJ	3,07E-01 MJ		1,98E+00 MJ	**1,3E+01 MJ**
	Eisen-Schrott	1,15E+00 g		4,99E-01 g	3,86E-01 g	4,14E-01 g	9,61E-03 g	1,01E-01 g		3,25E-01 g	**2,9E+00 g**
	Erdgas	2,20E+00 MJ	4,38E-01 g	4,45E-01 MJ	8,05E-01 MJ	8,65E-01 MJ	2,01E-02 MJ	2,65E-01 MJ		1,32E-02 MJ	**5,0E+00 MJ**
	Erdöl	1,85E+00 MJ	1,26E-01 g	2,16E+00 MJ	1,12E-01 MJ	1,20E-01 MJ	2,78E-03 MJ	3,65E-01 MJ		9,90E-02 MJ	**4,8E+00 MJ**
	Erze	4,01E+00 g		1,73E+00 g	1,35E+00 g	1,45E+00 g	3,36E-02 g	3,95E-01 g		1,14E+00 g	**1,0E+01 g**
	Fe-Schrott	7,66E-09 g		1,48E-08 g	4,79E-10 g	5,15E-10 g	1,19E-11 g	1,68E-09 g		4,04E-10 g	**2,6E-08 g**
	Geothermie	3,62E-04 MJ		5,32E-06 MJ	8,45E-06 MJ	9,07E-06 MJ	2,10E-07 MJ	1,59E-06 MJ		7,12E-06 MJ	**3,9E-04 MJ**
	Luft	1,41E+00 g		1,13E-01 g	6,73E-02 g	7,23E-02 g	1,68E-03 g	4,10E-01 g		5,67E-02 g	**2,1E+00 g**
	Mineralien	3,67E+01 g		2,03E+00 g	1,30E+01 g	1,40E+01 g	3,24E-01 g	1,83E+00 g		1,33E+01 g	**8,1E+01 g**
	Müll	1,99E+00 MJ		8,34E-02 MJ	7,21E-01 MJ	7,74E-01 MJ	1,80E-02 MJ	9,53E-02 MJ		6,08E-01 MJ	**4,3E+00 MJ**
	NE-Schrott	6,63E-03 g		3,03E-04 g	2,37E-03 g	2,55E-03 g	5,91E-05 g	3,17E-04 g		4,00E-03 g	**1,6E-02 g**
	Sekundärrohstoffe	1,05E-02 MJ		4,44E-03 MJ	3,44E-03 MJ	3,69E-03 MJ	8,56E-05 MJ	8,98E-04 MJ		2,90E-03 MJ	**2,6E-02 MJ**
	Steinkohle	5,64E+00 MJ	4,11E-01 g	-3,09E-01 MJ	2,10E+00 MJ	2,26E+00 MJ	5,24E-02 MJ	2,87E-01 MJ		1,79E+00 MJ	**1,2E+01 MJ**
	Wasser	1,34E+01 l	2,59E-01 l	1,07E+00 l	3,04E+00 l	3,26E+00 l	6,24E-01 l	5,52E-01 l		2,68E+00 l	**2,5E+01 l**
	Wasserkraft	4,33E-01 MJ	6,64E-01 g	5,61E-02 MJ	1,59E-01 MJ	1,71E-01 MJ	3,97E-03 MJ	4,67E-02 MJ		1,36E-01 MJ	**1,7E+00 MJ**
	Wind	1,50E-01 MJ		4,30E-03 MJ	5,50E-02 MJ	5,91E-02 MJ	1,37E-03 MJ	7,04E-03 MJ		4,64E-02 MJ	**3,2E-01 MJ**
Luftemissionen	As	1,90E-05 g		2,88E-06 g	8,84E-06 g	9,49E-06 g	2,20E-07 g	1,31E-06 g	-5,55E-07 g	7,45E-06 g	**4,9E-05 g**
	Cd	7,36E-06 g		1,11E-05 g	2,73E-06 g	2,93E-06 g	6,80E-08 g	1,53E-06 g	1,52E-06 g	2,30E-06 g	**3,0E-05 g**
	CH4	1,69E+00 g	4,94E-01 g	3,46E-01 g	1,01E+00 g	1,09E+00 g	2,53E-02 g	2,58E-01 g	-8,66E-02 g	8,65E-01 g	**5,7E+00 g**
	CO	3,90E+00 g	1,46E-01 g	2,27E-01 g	1,90E-01 g	2,04E-01 g	4,73E-03 g	1,01E-01 g	3,08E-02 g	1,61E-01 g	**5,0E+00 g**
	CO2	1,14E+03 g		3,49E+02 g	5,34E+02 g	5,73E+02 g	1,33E+01 g	1,23E+02 g	8,44E+01 g	4,54E+02 g	**3,3E+03 g**
	Cr	1,79E-05 g		5,66E-06 g	8,09E-06 g	8,69E-06 g	2,01E-07 g	1,53E-06 g	-8,65E-07 g	6,82E-06 g	**4,8E-05 g**
	H2S	8,35E-03 g		7,64E-05 g	1,96E-06 g	2,10E-06 g	4,88E-08 g	4,09E-05 g	2,64E-04 g	4,31E-06 g	**8,7E-03 g**
	HCl	2,25E-02 g		3,03E-04 g	1,51E-02 g	1,63E-02 g	3,77E-04 g	3,10E-03 g	5,07E-04 g	1,30E-02 g	**7,1E-02 g**
	HF	2,07E-03 g		2,44E-04 g	1,09E-03 g	1,17E-03 g	2,71E-05 g	2,19E-04 g	-2,87E-05 g	9,22E-04 g	**5,7E-03 g**
	Hg	1,68E-05 g		-1,11E-03 g	9,50E-06 g	1,02E-05 g	2,37E-07 g	-1,20E-04 g	-1,86E-07 g	8,01E-06 g	**-1,2E-03 g**
	N2O	2,84E-01 g		7,54E-03 g	1,94E-02 g	2,08E-02 g	4,83E-04 g	5,80E-03 g	-2,06E-03 g	1,67E-02 g	**3,5E-01 g**
	NH3	8,74E-02 g		1,30E-05 g	1,68E-06 g	1,80E-06 g	4,18E-08 g	1,20E-03 g	8,09E-06 g	2,18E-05 g	**8,9E-02 g**
	Ni	9,49E-05 g		2,19E-04 g	2,17E-05 g	2,33E-05 g	5,40E-07 g	2,65E-05 g	-1,37E-06 g	1,83E-05 g	**4,0E-04 g**
	NMVOC	3,50E-01 g		1,02E+00 g	3,67E-02 g	3,94E-02 g	9,15E-04 g	2,03E-01 g	1,58E-03 g	3,11E-02 g	**1,7E+00 g**
	NOx	2,49E+00 g	6,51E-01 g	1,41E+00 g	5,65E-01 g	6,07E-01 g	1,41E-02 g	3,80E-01 g	7,71E-02 g	4,85E-01 g	**6,7E+00 g**
	PAH	1,69E-07 g		1,73E-08 g	2,54E-10 g	2,72E-10 g	6,32E-12 g	2,11E-09 g	4,06E-09 g	2,15E-10 g	**1,9E-07 g**
	Pb	5,56E-05 g		1,81E-05 g	2,79E-05 g	3,00E-05 g	6,96E-07 g	5,13E-06 g	2,97E-05 g	2,36E-05 g	**1,9E-04 g**
	PCDD/F	5,76E-11 g		2,25E-11 g	1,64E-11 g	1,76E-11 g	4,09E-13 g	4,55E-12 g	2,60E-12 g	1,39E-11 g	**1,4E-10 g**
	Perfluoraethan	1,66E-05 g		4,25E-07 g	7,92E-06 g	8,50E-06 g	1,97E-07 g	9,31E-07 g	-1,07E-07 g	6,68E-06 g	**4,1E-05 g**
	Perfluormethan	2,46E-06 g		4,86E-07 g	9,95E-07 g	1,07E-06 g	2,48E-08 g	1,68E-07 g	-8,51E-07 g	8,39E-07 g	**5,2E-06 g**
	SO2	1,30E+00 g	4,78E-01 g	6,59E-01 g	3,44E-01 g	3,69E-01 g	8,56E-03 g	2,73E-01 g	-3,46E-02 g	3,05E-01 g	**3,7E+00 g**
	Staub	2,42E-01 g		1,62E-01 g	4,66E-02 g	5,00E-02 g	1,16E-03 g	6,58E-02 g	-4,69E-03 g	2,00E-01 g	**7,6E-01 g**
	TOPP-Äquivalent	4,07E+00 g		2,76E+00 g	7,52E-01 g	8,08E-01 g	1,87E-02 g	6,89E-01 g	4,00E-03 g	6,45E-01 g	**9,8E+00 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	1,40E+02 g		8,14E-03 g	3,01E-04 g	3,23E-04 g	7,49E-06 g	1,57E+00 g	-6,39E-05 g	3,20E-01 g	**1,4E+02 g**
	AOX	4,22E+00 g		1,22E-08 g	4,10E-02 g	2,42E-08 g	5,60E-10 g	3,62E-03 g	7,94E-08 g	1,98E-08 g	**4,3E+00 g**
	Arsen (As)	3,33E-06 g		4,54E-13 g	5,82E-12 g	6,25E-12 g	1,45E-13 g	7,01E-13 g	1,09E-09 g	1,59E-11 g	**3,3E-06 g**
	Blei (Pb)	1,25E-05 g		7,23E-12 g	9,27E-11 g	9,95E-11 g	2,31E-12 g	1,12E-11 g	1,74E-08 g	2,54E-10 g	**1,3E-05 g**
	BSB5	1,99E-01 g		4,69E-03 g	8,86E+00 g	1,08E-03 g	2,51E-05 g	7,85E-01 g	-1,31E-04 g	8,50E-04 g	**9,9E+00 g**
	Cadmium (Cd)	5,02E-07 g		1,11E-12 g		1,53E-11 g	3,54E-13 g	4,56E-13	2,66E-09 g	3,89E-11 g	**5,0E-07 g**
	Chrom (Cr)	7,31E-06 g		1,10E-12 g	1,82E-02 g	1,51E-11 g	3,50E-13 g	1,61E-03 g	2,64E-09 g	3,85E-11 g	**2,0E-02 g**
	CSB	2,94E+00 g		2,52E-02 g	3,84E+01 g	3,83E-02 g	8,89E-04 g	3,41E+00 g	-6,68E-03 g	6,99E-01 g	**4,6E+01 g**
	Phosphor (P)	1,39E-03 g		1,46E-04 g	5,09E-02 g	1,79E-07 g	4,16E-09 g	4,57E-03 g	-1,85E-08 g	1,41E-07 g	**5,7E-02 g**
	Quecksilber (Hg)	6,86E-08 g		5,54E-13 g	7,11E-12 g	7,63E-12 g	1,77E-13 g	8,55E-13 g	1,33E-09 g	1,94E-11 g	**7,0E-08 g**
	Stickstoff (N)	1,22E-02 g		5,91E-04 g	4,06E-01 g	1,06E-05 g	2,45E-07 g	3,62E-02 g	8,78E-06 g	8,40E-06 g	**4,6E-01 g**
Abfall	Abraum	4,27E+03 g		2,03E+02 g	2,33E+03 g	2,50E+03 g	5,80E+01 g	2,84E+02 g	-3,33E+02 g	1,96E+03 g	**1,1E+04 g**
	Asche	4,98E+01 g		2,33E+00 g	4,82E+01 g	5,17E+01 g	1,20E+00 g	5,33E+00 g	2,51E+01 g	4,07E+01 g	**2,2E+02 g**
	Klärschlamm	5,23E+00 g		1,67E-01 g	6,98E+01 g	1,68E-03 g	3,90E-05 g	6,24E+00 g	-1,74E-04 g	1,32E-03 g	**8,1E+01 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	6,94E+00 g		1,23E-04 g	1,10E-03 g	1,18E-03 g	2,73E-05 g	7,80E-02 g	-1,17E-04 g	9,24E-04 g	**7,0E+00 g**
	Produktionsabfall	5,91E+02 g	1,94E+01 g	3,01E+01 g	1,02E+00 g	4,27E+01 g	1,74E-02 g	1,06E+01 g	-1,12E-01 g	2,05E+00 g	**7,0E+02 g**
	REA-Reststoff	1,89E+01 g		-2,56E-01 g	9,63E+00 g	1,03E+01 g	2,40E-01 g	1,05E+00 g	2,39E+00 g	8,12E+00 g	**5,0E+01 g**

Abb. 93: Sachbilanz Kittel F HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Modul / Auswirkung	Rohstoff-herstellung	Faser-herstellung	Flächen-gebilde-herstellung	Textil-veredlung	Konfektion	Sterilisation	Verpackung	Entsorgung	Wasserauf-bereitung	Summe
Input	Elektrizität	1,02E+01 MJ	5,47E-01 MJ	1,76E-01 MJ	2,76E+00 MJ	3,72E+00 MJ	6,86E-02 MJ	6,75E-01 MJ		4,71E+00 MJ	**2,3E+01 MJ**
	Prozesswärme			MJ				3,97E-02 MJ			**4,0E-02 MJ**
	Farbstoff				6,63E+00 g			6,79E-01 g			**7,3E+00 g**
	Textilgrund-chemikalien				3,37E+01 g			3,45E+00 g			**3,7E+01 g**
	Textilhilfsmittel				1,99E+01 g			2,04E+00 g			**2,2E+01 g**
Outpu	Abwasser	1,64E-02			2,69E+01 l			2,76E+00 l			**3,0E+01 l**
	Fernwärme								6,63E-01 MJ		**6,6E-01 MJ**
	Elektrizität								1,77E+00 MJ		**1,8E+00 MJ**
Ressourcenverbrauch	Abwärme	-2,44E-12 MJ		-9,91E-09 MJ	-7,09E-13 MJ	-8,83E-13 MJ	-1,77E-14 MJ	-2,76E-02 MJ		-6,06E-13 MJ	**-2,8E-02 MJ**
	Atomkraft	8,84E+00 MJ		2,87E-01 MJ	2,57E+00 MJ	3,21E+00 MJ	6,41E-02 MJ	6,30E-01 MJ		2,22E+00 MJ	**1,8E+01 MJ**
	Biomasse	5,08E-01 MJ	5,98E-02 g	8,31E-03 MJ	1,17E-01 MJ	1,45E-01 MJ	2,91E-03 MJ	5,75E-02 MJ		9,98E-02 MJ	**1,0E+00 MJ**
	Braunkohle	6,07E+00 MJ	2,38E-01 g	2,13E-01 MJ	1,99E+00 MJ	2,48E+00 MJ	4,95E-02 MJ	4,20E-01 MJ		1,73E+00 MJ	**1,3E+01 MJ**
	Eisen-Schrott	1,14E+00 g		5,25E-01 g	3,33E-01 g	4,14E-01 g	8,29E-03 g	1,41E-01 g		2,84E-01 g	**2,8E+00 g**
	Erdgas	2,13E+00 MJ	5,09E-01 g	1,09E-01 MJ	6,94E-01 MJ	8,65E-01 MJ	1,73E-02 MJ	3,59E-01 MJ		1,16E-02 MJ	**4,7E+00 MJ**
	Erdöl	3,87E-01 MJ	1,46E-01 g	2,02E+00 MJ	9,63E-02 MJ	1,20E-01 MJ	2,40E-03 MJ	8,72E-01 MJ		8,65E-02 MJ	**3,7E+00 MJ**
	Erze	4,00E+00 g		1,71E+00 g	1,16E+00 g	1,45E+00 g	2,90E-02 g	5,30E-01 g		9,93E-01 g	**9,9E+00 g**
	Fe-Schrott	1,42E-09 g		1,58E-08 g	4,13E-10 g	5,15E-10 g	1,03E-11 g	2,23E-09 g		3,53E-10 g	**2,1E-08 g**
	Geothermie	2,50E-05 MJ		5,50E-06 MJ	7,28E-06 MJ	9,07E-06 MJ	1,81E-07 MJ	1,69E-04 MJ		6,22E-06 MJ	**2,2E-04 MJ**
	Luft	1,99E-01 g		1,15E-01 g	5,80E-02 g	7,23E-02 g	1,44E-03 g	4,18E-01 g		4,95E-02 g	**9,1E-01 g**
	Mineralien	3,86E+01 g		1,76E+00 g	1,12E+01 g	1,40E+01 g	2,80E-01 g	2,66E+00 g		1,16E+01 g	**8,0E+01 g**
	Müll	2,14E+00 MJ		7,31E-02 MJ	6,21E-01 MJ	7,74E-01 MJ	1,55E-02 MJ	1,29E-01 MJ		5,31E-01 MJ	**4,3E+00 MJ**
	NE-Schrott	7,03E-03 g		2,72E-04 g	2,05E-03 g	2,55E-03 g	5,09E-05 g	4,67E-04 g		3,49E-03 g	**1,6E-02 g**
	Sekundärrohstoffe	1,02E-02 MJ		4,68E-03 MJ	2,96E-03 MJ	3,69E-03 MJ	7,38E-05 MJ	1,40E-03 MJ		2,53E-03 MJ	**2,6E-02 MJ**
	Steinkohle	5,57E+00 MJ	4,77E-01 g	-5,42E-01 MJ	1,81E+00 MJ	2,26E+00 MJ	4,52E-02 MJ	6,90E-01 MJ		1,56E+00 MJ	**1,2E+01 MJ**
	Wasser	1,48E+01 l	3,01E-01 l	9,05E-01 l	2,62E+00 l	3,26E+00 l	5,38E-01 l	6,84E-01 l		2,34E+00 l	**2,5E+01 l**
	Wasserkraft	4,54E-01 MJ	7,72E-01 g	2,08E-02 MJ	1,37E-01 MJ	1,71E-01 MJ	3,42E-03 MJ	5,88E-02 MJ		1,19E-01 MJ	**1,7E+00 MJ**
	Wind	1,63E-01 MJ		3,37E-03 MJ	4,74E-02 MJ	5,91E-02 MJ	1,18E-03 MJ	9,40E-03 MJ		4,05E-02 MJ	**3,2E-01 MJ**
Luftemissionen	As	1,95E-05 g		2,89E-06 g	7,62E-06 g	9,49E-06 g	1,90E-07 g	2,30E-06 g	-4,79E-07 g	6,51E-06 g	**4,8E-05 g**
	Cd	5,49E-06 g		1,18E-05 g	2,35E-06 g	2,93E-06 g	5,86E-08 g	3,19E-06 g	1,31E-06 g	2,01E-06 g	**2,9E-05 g**
	CH4	1,61E+00 g	5,74E-01 g	9,98E-02 g	8,75E-01 g	1,09E+00 g	2,18E-02 g	3,28E-01 g	-7,46E-02 g	7,55E-01 g	**5,3E+00 g**
	CO	4,42E+00 g	1,70E-01 g	1,91E-01 g	1,64E-01 g	2,04E-01 g	4,07E-03 g	8,86E-02 g	2,65E-02 g	1,41E-01 g	**5,4E+00 g**
	CO2	1,17E+03 g		3,02E+02 g	4,60E+02 g	5,73E+02 g	1,15E+01 g	1,57E+02 g	7,28E+01 g	3,97E+02 g	**3,1E+03 g**
	Cr	1,79E-05 g		5,88E-06 g	6,97E-06 g	8,69E-06 g	1,74E-07 g	2,75E-06 g	-7,46E-07 g	5,95E-06 g	**4,8E-05 g**
	H2S	1,99E-02 g		9,62E-08 g	1,69E-06 g	2,10E-06 g	4,20E-08 g	4,83E-05 g	2,28E-04 g	3,76E-06 g	**2,0E-02 g**
	HCl	2,14E-02 g		-3,39E-03 g	1,30E-02 g	1,63E-02 g	3,25E-04 g	4,09E-03 g	4,37E-04 g	1,13E-02 g	**6,3E-02 g**
	HF	2,11E-03 g		6,07E-05 g	9,37E-04 g	1,17E-03 g	2,33E-05 g	3,06E-04 g	-2,47E-05 g	8,05E-04 g	**5,4E-03 g**
	Hg	1,78E-05 g		-1,18E-03 g	8,19E-06 g	1,02E-05 g	2,04E-07 g	-1,20E-04 g	-1,61E-07 g	7,00E-06 g	**-1,3E-03 g**
	N2O	3,26E-01 g		7,63E-03 g	1,67E-02 g	2,08E-02 g	4,16E-04 g	3,93E-03 g	-1,77E-03 g	1,46E-02 g	**3,9E-01 g**
	NH3	1,24E-01 g		1,38E-05 g	1,45E-06 g	1,80E-06 g	3,60E-08 g	6,70E-06 g	6,97E-06 g	1,91E-05 g	**1,2E-01 g**
	Ni	5,17E-05 g		2,34E-04 g	1,87E-05 g	2,33E-05 g	4,65E-07 g	6,02E-05 g	-1,18E-06 g	1,60E-05 g	**4,0E-04 g**
	NMVOC	1,23E-01 g		8,71E-01 g	3,17E-02 g	3,94E-02 g	7,89E-04 g	2,51E-01 g	1,36E-03 g	2,72E-02 g	**1,3E+00 g**
	NOx	2,48E+00 g	7,57E-01 g	1,13E+00 g	4,87E-01 g	6,07E-01 g	1,21E-02 g	4,39E-01 g	6,65E-02 g	4,24E-01 g	**6,4E+00 g**
	PAH	1,02E-07 g		1,85E-08 g	2,19E-10 g	2,72E-10 g	5,44E-12 g	5,88E-08 g	3,50E-09 g	1,88E-10 g	**1,8E-07 g**
	Pb	5,42E-05 g		1,87E-05 g	2,41E-05 g	3,00E-05 g	6,00E-07 g	9,28E-06 g	2,56E-05 g	2,06E-05 g	**1,8E-04 g**
	PCDD/F	6,12E-11 g		2,37E-11 g	1,42E-11 g	1,76E-11 g	3,53E-13 g	6,19E-12 g	2,24E-12 g	1,21E-11 g	**1,4E-10 g**
	Perfluoraethan	1,71E-05 g		2,78E-07 g	6,83E-06 g	8,50E-06 g	1,70E-07 g	1,48E-06 g	-9,23E-08 g	5,83E-06 g	**4,0E-05 g**
	Perfluormethan	2,55E-06 g		4,98E-07 g	8,58E-07 g	1,07E-06 g	2,14E-08 g	2,50E-07 g	-7,33E-07 g	7,33E-07 g	**5,2E-06 g**
	SO2	1,20E+00 g	5,55E-01 g	3,10E-01 g	2,96E-01 g	3,69E-01 g	7,38E-03 g	3,50E-01 g	-2,98E-02 g	2,66E-01 g	**3,3E+00 g**
	Staub	2,52E-01 g		6,77E-02 g	4,02E-02 g	5,00E-02 g	1,00E-03 g	7,32E-02 g	-4,05E-03 g	1,75E-01 g	**6,6E-01 g**
	TOPP-Äquivalent	4,41E+00 g		2,27E+00 g	6,48E-01 g	8,08E-01 g	1,62E-02 g	7,52E-01 g	3,45E-03 g	5,64E-01 g	**9,5E+00 g**
Wasseremissionen	anorg. Salze	1,62E+02 g		1,66E-05 g	2,59E-04 g	3,23E-04 g	6,46E-06 g	5,85E-03 g	-5,51E-05 g	2,79E-01 g	**1,6E+02 g**
	AOX	4,90E+00 g		1,24E-09 g	3,54E-02 g	2,42E-08 g	4,83E-10 g	3,62E-03 g	6,84E-08 g	1,73E-08 g	**4,9E+00 g**
	Arsen (As)	1,66E-06 g		3,55E-13 g	5,02E-12 g	6,25E-12 g	1,25E-13 g	1,33E-06 g	9,43E-10 g	1,39E-11 g	**3,0E-06 g**
	Blei (Pb)	6,84E-06 g		5,66E-12 g	7,99E-11 g	9,95E-11 g	1,99E-12 g	4,61E-06 g	1,50E-08 g	2,21E-10 g	**1,1E-05 g**
	BSB5	2,31E-01 g		5,56E-05 g	7,64E+00 g	1,08E-03 g	2,16E-05 g	7,85E-01 g	-1,13E-04 g	7,43E-04 g	**8,7E+00 g**
	Cadmium (Cd)	1,28E-07 g		8,69E-13 g		1,53E-11 g	3,05E-13 g	2,72E-07	2,29E-09 g	3,40E-11 g	**4,0E-07 g**
	Chrom (Cr)	8,49E-06 g		8,58E-13 g	1,57E-02 g	1,51E-11 g	3,02E-13 g	1,61E-03 g	2,28E-09 g	3,36E-11 g	**1,7E-02 g**
	CSB	3,40E+00 g		1,97E-03 g	3,31E+01 g	3,83E-02 g	7,66E-04 g	3,41E+00 g	-5,76E-03 g	6,10E-01 g	**4,1E+01 g**
	Phosphor (P)	1,25E-03 g		9,20E-09 g	4,39E-02 g	1,79E-07 g	3,58E-09 g	4,57E-03 g	-1,60E-08 g	1,23E-07 g	**5,0E-02 g**
	Quecksilber (Hg)	2,05E-09 g		4,34E-13 g	6,13E-12 g	7,63E-12 g	1,53E-13 g	4,60E-08 g	1,15E-09 g	1,70E-11 g	**4,9E-08 g**
	Stickstoff (N)	1,24E-02 g		5,43E-07 g	3,50E-01 g	1,06E-05 g	2,11E-07 g	3,66E-02 g	7,57E-06 g	7,34E-06 g	**4,0E-01 g**
Abfall	Abraum	4,35E+03 g		1,64E+02 g	2,01E+03 g	2,50E+03 g	5,00E+01 g	4,53E+02 g	-2,87E+02 g	1,72E+03 g	**1,1E+04 g**
	Asche	4,68E+01 g		1,01E+00 g	4,15E+01 g	5,17E+01 g	1,03E+00 g	8,28E+00 g	2,16E+01 g	3,55E+01 g	**2,1E+02 g**
	Klärschlamm	6,04E+00 g		1,79E-01 g	6,02E+01 g	1,68E-03 g	3,36E-05 g	6,19E+00 g	-1,50E-04 g	1,15E-03 g	**7,3E+01 g**
	Müll-atomar (hochaktiv)	8,06E+00 g		1,07E-04 g	9,44E-04 g	1,18E-03 g	2,35E-05 g	2,55E-04 g	-1,01E-04 g	8,07E-04 g	**8,1E+00 g**
	Produktionsabfall	6,86E+02 g	2,26E+01 g	2,39E+01 g	8,79E-01 g	4,27E+01 g	1,50E-02 g	4,14E+00 g	-9,63E-02 g	1,79E+00 g	**7,8E+02 g**
	REA-Reststoff	1,93E+01 g		-4,89E-01 g	8,31E+00 g	1,03E+01 g	2,07E-01 g	1,67E+00 g	2,06E+00 g	7,09E+00 g	**4,9E+01 g**

Abb. 94: Sachbilanz Kittel F SP

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Kittel		Einweg						Mehrweg				
	Stoff	in	Kittel D HP	Kittel D SP	Kittel E HP	Kittel E SP	Kittel F HP	Kittel F SP	Kittel A HP	Kittel A SP	Kittel B HP	Kittel C HP	Kittel B, C SP
Input	Elektrizität	MJ	1206,53	1025,45	1586,02	1366,91	1383,46	1370,20	1394,27	1179,85	529,80	525,49	401,69
	Prozesswärme	MJ	26,49	21,35	2,44	2,33	2,38	2,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Farbstoff	g	452,79	365,04	593,71	437,07	502,39	438,71	20,77	12,40	12,09	12,09	9,57
	Textilgrund-chemikalien	g	2298,78	1853,28	3014,20	2218,98	2550,59	2227,28	266,56	49,96	48,69	48,69	38,56
	Textilhilfsmittel	g	1358,37	1095,12	1781,12	1311,21	1507,16	1316,12	64,92	48,24	47,01	47,01	37,23
	Waschkraft-verstärker	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	215,07	120,90	163,80	163,80	93,30
	Waschmittel	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1032,34	580,32	786,24	786,24	447,84
Outpu	Abwasser	l	1887,25	1529,24	2412,28	1776,16	2041,32	1782,81	1909,65	1408,52	820,35	820,35	567,79
	Fernwärme	MJ	39,04	30,37	55,16	39,70	46,13	39,77	2,63	1,48	2,00	2,00	1,14
	Elektrizität	MJ	104,15	81,00	147,14	105,91	123,06	106,08	7,02	3,95	5,35	5,35	3,04
Ressourcenverbrauch	Abwärme	MJ	-3300,92	-2661,63	-618,22	-1,67	-218,33	-1,66	-3,11	-3,11	-1,68	-1,74	-1,74
	Atomkraft	MJ	895,80	768,61	1234,14	1066,98	1081,90	1069,28	1150,24	991,62	431,77	430,47	350,05
	Biomasse	MJ	40,29	35,22	71,51	59,81	62,34	59,91	68,77	61,64	24,82	24,58	20,91
	Braunkohle	MJ	672,70	576,37	907,32	789,65	797,61	791,41	793,28	671,92	309,66	309,94	247,17
	Eisen-Schrott	g	199,90	166,97	202,16	170,45	173,23	170,91	169,99	126,74	54,72	55,01	44,39
	Erdgas	MJ	314,26	267,78	361,60	280,98	302,91	281,48	304,23	256,68	131,27	124,50	94,55
	Erdöl	MJ	882,99	716,16	422,01	222,83	289,88	224,04	77,34	67,22	41,09	35,36	28,81
	Erze	g	680,25	569,71	708,49	590,69	606,23	592,20	526,29	450,30	195,44	485,30	159,30
	Fe-Schrott	g	6,39E-06	5,16E-06	2,30E-06	1,24E-06	1,53E-06	1,25E-06	1,89E-07	1,58E-07	6,82E-08	7,41E-08	5,53E-08
	Geothermie	MJ	9,40E-02	7,59E-02	4,14E-02	1,31E-02	2,36E-02	1,33E-02	4,13E-03	2,78E-03	1,28E-02	1,20E-03	9,71E-04
	Luft	g	1152,94	943,82	267,67	55,05	127,96	54,83	77,79	83,76	106,04	38,68	36,83
	Mineralien	g	4416,93	3758,55	5589,95	4793,90	4868,04	4804,93	5559,65	4312,89	1891,62	1892,03	1540,12
	Müll	MJ	211,58	181,42	291,98	256,20	257,13	256,76	274,74	236,61	102,17	102,23	82,86
	NE-Schrott	g	0,85	0,72	1,12	0,95	0,97	0,95	0,97	0,80	0,37	0,37	0,31
	Sekundärrohstoff	MJ	1,78	1,49	1,82	1,53	1,56	1,53	1,49	1,23	0,62	-1,01	0,47
	Steinkohle	MJ	540,02	467,87	843,76	710,78	733,95	712,61	741,63	623,55	289,10	286,24	230,93
	Wasser	l	1008,51	865,13	1678,28	1523,10	1489,72	1526,23	6125,37	2066,04	1150,22	1111,68	796,64
	Wasserkraft	MJ	51,79	44,45	112,38	103,95	100,24	104,15	61,19	52,63	23,53	23,55	19,24
	Wind	MJ	14,98	12,90	21,91	19,39	19,40	19,43	5220,01	2940,66	3967,46	3967,46	2261,73
Luftemissionen	Arsen (As)	g	2,39E-03	2,06E-03	3,31E-03	2,87E-03	2,92E-03	2,88E-03	3,35E-03	2,87E-03	1,22E-03	1,22E-03	9,40E-04
	Ammoniak (NH4)	g	-18,16	-14,64	3,56	7,45	5,32	7,46	1,35	0,83	0,68	0,64	0,50
	Blei (Pb)	g	1,02E-02	8,62E-03	1,32E-02	1,10E-02	1,14E-02	1,10E-02	1,00E-02	8,40E-03	4,01E-03	4,02E-03	2,99E-03
	Cadmium (Cd)	g	1,57E-03	1,30E-03	2,03E-03	1,74E-03	1,77E-03	1,75E-03	1,02E-03	8,44E-04	4,15E-04	4,16E-04	3,04E-04
	Chrom (Cr)	g	2,39E-03	2,05E-03	3,27E-03	2,85E-03	2,88E-03	2,85E-03	3,07E-03	2,63E-03	1,16E-03	1,12E-03	8,60E-04
	Flussäure (HF)	g	2,99E-01	2,59E-01	3,95E-01	3,22E-01	3,42E-01	3,23E-01	3,89E-01	3,28E-01	1,53E-01	1,52E-01	1,15E-01
	Kohlenstoff-dioxid (CO2)	g	189999,24	161510,23	226545,39	188177,52	196181,73	188610,00	202639,93	169377,52	80765,99	80107,36	60114,35
	Kohlenstoff-monoxid (CO)	g	109,23	91,73	329,07	323,66	297,71	324,26	160,97	135,15	58,73	57,75	47,26
	Lachgas (N2O)	g	5,27	4,54	22,94	23,25	21,14	23,29	9,45	7,68	4,24	4,24	3,53
	Methan (CH4)	g	356,09	303,86	402,58	316,11	341,73	316,75	304,58	247,22	136,35	130,65	96,67
	Nickel (Ni)	g	2,14E-02	1,76E-02	2,78E-02	2,41E-02	2,42E-02	2,42E-02	9,78E-03	7,88E-03	4,31E-03	4,44E-03	3,00E-03
	NMVOC Nicht-Methane	g	228,64	186,87	135,59	80,54	100,99	80,77	39,75	34,71	19,40	19,43	16,01
	PAH Polyzykl. arom. KW	g	2,03E-06	1,71E-06	1,44E-05	1,09E-05	1,16E-05	1,10E-05	6,95E-05	4,33E-05	4,42E-04	4,76E-05	2,81E-05
	PCDD/F	g	6,61E-09	5,57E-09	9,20E-09	8,23E-09	8,14E-09	8,25E-09	6,45E-09	5,48E-09	2,39E-09	2,39E-09	1,85E-09
	Perfluoraethan	g	2,35E-03	2,02E-03	2,84E-03	2,40E-03	2,47E-03	2,41E-03	3,00E-03	2,57E-03	1,09E-03	1,10E-03	8,41E-04
	Perfluormethan	g	2,85E-04	2,46E-04	3,53E-04	3,14E-04	3,11E-04	3,15E-04	3,79E-04	3,24E-04	1,38E-04	1,39E-04	1,06E-04
	Quecksilber (Hg)	g	-7,85E-02	-6,32E-02	-7,79E-02	-7,53E-02	-7,09E-02	-7,56E-02	3,26E-03	2,74E-03	1,28E-03	1,25E-03	9,43E-04
	Salzsäure (HCl)	g	4,70	4,03	5,07	3,80	4,27	3,81	4,28	3,40	1,94	1,90	1,39
	Schwefeldioxid (SO2)	g	222,61	188,40	269,00	199,26	222,14	199,62	199,73	175,58	80,38	79,80	63,48
	Schwefelwasser-stoff (H2S)	g	-8,01	-6,43	-0,37	1,21	0,52	1,21	2,77	2,77	0,62	0,62	0,62
	Staub	g	34,37	29,57	54,69	39,25	45,80	39,31	55,41	185,75	22,42	41,48	123,06
	Stickoxid (NOx)	g	421,43	351,88	474,43	382,91	400,48	383,70	308,19	270,52	115,30	113,69	92,33
	TOPP-Äquivalent	g	407,85	345,44	669,69	566,91	585,25	568,08	271,06	221,21	124,71	124,62	101,22
Wasseremissionen	anorg. Salze	g	22,01	18,25	9076,34	9743,46	8502,07	9759,70	1696,86	925,06	936,32	936,32	692,22
	AOX	g	32,22	30,76	276,53	296,06	255,98	296,56	583,18	583,17	129,18	129,17	129,17
	Arsen (As)	g	1,06E-05	1,01E-05	2,57E-04	1,77E-04	2,00E-04	1,79E-04	3,87E-04	3,03E-04	1,90E-04	1,90E-04	1,27E-04
	Blei (Pb)	g	4,81E-05	4,54E-05	9,58E-04	6,81E-04	7,53E-04	6,88E-04	1,34E-03	1,11E-03	5,85E-04	5,84E-04	4,10E-04
	BSB5	g	528,13	426,86	697,45	517,53	591,15	519,43	207,42	174,82	89,78	89,78	66,34
	Cadmium (Cd)	g	1,06E-06	9,72E-07	4,12E-05	2,37E-05	3,03E-05	2,41E-05	6,51E-04	3,72E-04	4,88E-04	4,88E-04	2,79E-04
	Chrom (Cr)	g	1,07E+00	8,65E-01	1,41E+00	1,04E+00	1,19E+00	1,04E+00	2,46E-02	5,89E-03	6,98E-03	5,63E-03	4,00E-03
	CSB	g	2353,97	1905,55	3211,73	2426,45	2732,19	2435,10	949,35	912,66	257,30	256,79	243,30
	Phosphor (P)	g	3,32	2,69	4,07	2,97	3,42	2,98	0,83	0,70	0,29	0,16	0,16
	Quecksilber (Hg)	g	5,98E-07	4,82E-07	6,03E-06	2,89E-06	4,20E-06	2,95E-06	1,52E-06	9,62E-07	5,03E-05	1,03E-06	6,10E-07
	Stickstoff (N)	g	25,06	20,24	32,35	23,87	27,33	23,96	7,21	6,02	2,92	2,92	2,23
Abfall	Abraum	g	644830,30	554663,47	775557,40	655616,25	676567,80	657201,06	791572,60	665247,97	301517,74	301742,76	241189,61
	Asche	g	14956,26	12741,92	15707,45	12425,53	13460,64	12454,54	16987,40	14521,66	6327,10	6323,60	5080,73
	Klärschlamm	g	4160,93	3358,40	5742,47	4341,86	4888,66	4357,37	679,77	552,69	186,51	186,52	169,24
	Müll-atomar (hochaktiv)	g	0,39	0,33	449,57	482,95	421,21	483,76	66,79	35,33	34,23	582,36	27,11
	Produktionsabfall	g	4656,68	4274,69	44772,46	46859,49	41832,60	46936,24	6294,95	3500,97	3285,49	3258,98	2596,31
	REA-Reststoff	g	3019,92	2574,44	3504,48	2903,45	3027,65	2910,06	3445,51	2917,21	1281,79	1282,55	1038,27

Abb. 95: Vergleich OP-Mäntel (60 Zyklen)

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Kittel		Einweg						Mehrweg				
	Kittel		Kittel D HP	Kittel D SP	Kittel E HP	Kittel E SP	Kittel F HP	Kittel F SP	Kittel A HP	Kittel A SP	Kittel B HP	Kittel C HP	Kittel B, C SP
	Stoff	in											
Input	Elektrizität	MJ	1608,71	1367,26	2114,69	1822,55	1844,61	1826,94	1819,57	1554,31	687,41	683,09	521,23
	Prozesswärme	MJ	35,32	28,47	3,25	3,10	3,18	3,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Farbstoff	g	603,72	486,72	791,61	582,76	669,85	584,94	20,77	12,40	12,09	12,09	9,57
	Textilgrund-chemikalien	g	3065,04	2471,04	4018,94	2958,63	3400,78	2969,71	266,56	49,96	48,69	48,69	38,56
	Textilhilfsmittel	g	1811,16	1460,16	2374,83	1748,28	2009,55	1754,83	64,92	48,24	47,01	47,01	37,23
	Waschkraft-verstärker	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	286,76	161,20	218,40	218,40	124,40
	Waschmittel	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1376,45	773,76	1048,32	1048,32	597,12
Outpu	Abwasser	l	2516,33	2038,98	3216,37	2368,22	2721,76	2377,08	2470,92	1861,75	1077,94	1077,94	744,49
	Fernwärme	MJ	52,06	40,49	73,55	52,94	61,51	53,02	2,63	1,48	2,00	2,00	1,14
	Elektrizität	MJ	138,86	108,00	196,19	141,21	164,08	141,45	7,02	3,95	5,35	5,35	3,04
Ressourcenverbrauch	Abwärme	MJ	-4401,23	-3548,84	-824,30	-2,22	-291,10	-2,21	-4,15	-4,15	-2,26	-2,33	-2,33
	Atomkraft	MJ	1194,40	1024,81	1645,52	1422,65	1442,54	1425,71	1504,89	1307,46	560,09	558,79	454,51
	Biomasse	MJ	53,72	46,96	95,34	79,75	83,12	79,88	90,39	81,48	32,33	32,09	27,32
	Braunkohle	MJ	896,93	768,49	1209,76	1052,86	1063,48	1055,22	1035,47	883,79	401,24	401,51	320,10
	Eisen-Schrott	g	266,54	222,63	269,54	227,27	230,98	227,88	215,33	167,08	71,01	71,31	57,60
	Erdgas	MJ	419,01	357,04	482,14	374,64	403,89	375,31	397,74	338,72	168,56	161,79	123,29
	Erdöl	MJ	1177,31	954,88	562,68	297,10	386,51	298,72	101,93	89,07	52,08	46,35	37,96
	Erze	g	907,00	759,61	944,66	787,59	808,31	789,60	687,24	593,76	253,78	543,65	206,88
	Fe-Schrott	g	8,52E-06	6,88E-06	3,06E-06	1,65E-06	2,04E-06	1,66E-06	2,45E-07	2,08E-07	8,86E-08	9,44E-08	7,17E-08
	Geothermie	MJ	1,25E-01	1,01E-01	5,52E-02	1,74E-02	3,15E-02	1,78E-02	5,12E-03	3,66E-03	1,32E-02	1,56E-03	1,26E-03
	Luft	g	1537,25	1258,43	356,89	73,40	170,62	73,11	103,00	108,09	118,58	51,22	48,83
	Mineralien	g	5889,25	5011,40	7453,27	6391,86	6490,71	6406,57	7108,67	5686,05	2455,36	2455,77	1999,35
	Müll	MJ	282,10	241,89	389,31	341,60	342,85	342,35	359,39	311,93	132,58	132,64	107,53
	NE-Schrott	g	1,13	0,96	1,49	1,27	1,30	1,27	1,26	1,06	0,48	0,48	0,40
	Sekundärrohstoff	MJ	2,37	1,98	2,42	2,04	2,07	2,04	1,95	1,62	0,81	-0,82	0,61
	Steinkohle	MJ	720,03	623,82	1125,02	947,71	978,60	950,14	966,39	821,03	374,22	371,35	299,29
	Wasser	l	1344,68	1153,50	2237,70	2030,80	1986,30	2034,97	6640,20	2740,58	1501,21	1462,66	1050,38
	Wasserkraft	MJ	69,05	59,27	149,84	138,60	133,66	138,87	80,03	69,38	30,57	30,59	25,00
	Wind	MJ	19,97	17,21	29,21	25,85	25,86	25,91	6959,48	3920,61	5289,67	5289,66	3015,42
Luftemissionen	Arsen (As)	g	3,19E-03	2,75E-03	4,41E-03	3,83E-03	3,89E-03	3,84E-03	4,39E-03	3,79E-03	1,60E-03	1,59E-03	1,23E-03
	Ammoniak (NH3)	g	-24,22	-19,52	4,75	9,93	7,09	9,95	1,46	0,93	0,72	0,68	0,53
	Blei (Pb)	g	1,36E-02	1,15E-02	1,76E-02	1,46E-02	1,53E-02	1,46E-02	1,30E-02	1,10E-02	5,17E-03	5,17E-03	3,85E-03
	Cadmium (Cd)	g	2,09E-03	1,74E-03	2,71E-03	2,32E-03	2,36E-03	2,33E-03	1,34E-03	1,11E-03	5,41E-04	5,42E-04	3,96E-04
	Chrom (Cr)	g	3,19E-03	2,73E-03	4,36E-03	3,80E-03	3,84E-03	3,81E-03	4,02E-03	3,47E-03	1,51E-03	1,46E-03	1,12E-03
	Flussäure (HF)	g	3,99E-01	3,45E-01	5,26E-01	4,30E-01	4,56E-01	4,31E-01	5,09E-01	4,33E-01	1,99E-01	1,98E-01	1,50E-01
	Kohlendioxid	g	253332,33	215346,98	302060,53	250903,36	261575,64	251480,00	264932,37	223570,52	105113,78	104455,15	78398,52
	Kohlenstoff-monoxid (CO)	g	145,64	122,30	438,76	431,55	396,95	432,34	203,05	174,25	72,12	71,14	58,42
	Lachgas (N2O)	g	7,03	6,05	30,59	31,00	28,19	31,06	11,49	9,46	5,01	5,01	4,11
	Methan (CH4)	g	474,79	405,15	536,77	421,48	455,64	422,34	396,32	325,41	175,46	169,76	125,64
	Nickel (Ni)	g	2,85E-02	2,34E-02	3,70E-02	3,21E-02	3,23E-02	3,23E-02	1,28E-02	1,04E-02	5,63E-03	5,76E-03	0,00
	NMVOC Nicht-Methane	g	304,85	249,17	180,78	107,39	134,66	107,69	52,58	46,10	25,68	25,70	21,21
	PAH Polyzykl. arom. KW	g	2,70E-06	2,28E-06	1,91E-05	1,45E-05	1,55E-05	1,47E-05	9,25E-05	5,77E-05	4,58E-04	6,34E-05	3,74E-05
	PCDD/F	g	8,81E-09	7,43E-09	1,23E-08	1,10E-08	1,08E-08	1,10E-08	8,38E-09	7,19E-09	3,08E-09	3,08E-09	2,39E-09
	Perfluoraethan	g	3,14E-03	2,69E-03	3,78E-03	3,20E-03	3,29E-03	3,21E-03	3,93E-03	3,40E-03	1,43E-03	1,43E-03	1,10E-03
	Perfluormethan	g	3,80E-04	3,28E-04	4,70E-04	4,19E-04	4,15E-04	4,20E-04	4,96E-04	4,28E-04	1,80E-04	1,81E-04	1,39E-04
	Quecksilber (Hg)	g	-1,05E-01	-8,42E-02	-1,04E-01	-1,00E-01	-9,45E-02	-1,01E-01	4,26E-03	3,61E-03	1,66E-03	1,63E-03	1,23E-03
	Salzsäure (HCl)	g	6,27	5,38	6,76	5,07	5,69	5,08	5,55	4,47	2,51	2,46	1,80
	Schwefeldioxid	g	296,81	251,20	358,66	265,68	296,19	266,16	262,05	232,08	104,33	103,75	83,08
	Schwefelwasser-stoff (H2S)	g	-10,68	-8,58	-0,50	1,61	0,70	1,62	3,70	3,69	0,82	0,82	0,82
	Staub	g	45,82	39,43	72,92	52,33	61,07	52,41	72,57	201,39	28,87	47,94	128,38
	Stickoxid (NOx)	g	561,91	469,17	632,58	510,54	533,97	511,60	403,02	357,00	149,47	147,86	120,25
	TOPP-	g	543,81	460,59	892,92	755,88	780,34	757,44	344,97	285,35	158,35	158,25	127,55
Wasseremissionen	anorg. Salze	g	29,35	24,33	12101,79	12991,27	11336,09	13012,93	1815,85	998,17	1019,34	1019,34	741,54
	AOX	g	42,96	41,01	368,71	394,74	341,30	395,41	777,55	777,54	172,23	172,22	172,22
	Arsen (As)	g	1,41E-05	1,35E-05	3,43E-04	2,36E-04	2,67E-04	2,39E-04	5,16E-04	4,04E-04	2,53E-04	2,53E-04	1,69E-04
	Blei (Pb)	g	6,42E-05	6,05E-05	1,28E-03	9,08E-04	1,00E-03	9,18E-04	1,78E-03	1,47E-03	7,80E-04	7,79E-04	5,46E-04
	BSB5	g	704,17	569,14	929,94	690,04	788,20	692,58	269,78	228,09	114,84	114,84	84,60
	Cadmium (Cd)	g	1,41E-06	1,30E-06	5,50E-05	3,17E-05	4,04E-05	3,22E-05	8,68E-04	4,97E-04	6,50E-04	6,50E-04	3,72E-04
	Chrom (Cr)	g	1,43E+00	1,15E+00	1,88E+00	1,38E+00	1,59E+00	1,39E+00	2,59E-02	6,78E-03	7,81E-03	6,46E-03	4,50E-03
	CSB	g	3138,62	2540,73	4282,31	3235,27	3642,93	3246,80	1238,70	1199,03	325,25	324,74	310,45
	Phosphor (P)	g	4,43	3,58	5,43	3,96	4,56	3,98	1,06	0,93	0,34	0,21	0,21
	Quecksilber (Hg)	g	7,97E-07	6,42E-07	8,04E-06	3,85E-06	5,59E-06	3,94E-06	2,03E-06	1,28E-06	5,06E-05	1,37E-06	8,12E-07
	Stickstoff (N)	g	33,41	26,99	43,13	31,83	36,44	31,95	9,25	7,82	3,68	3,68	2,81
Abfall	Abraum	g	859773,73	739551,29	1034076,53	874155,00	902090,40	876268,08	1034777,80	878315,69	393073,73	393298,75	314204,23
	Asche	g	19941,68	16989,23	20943,27	16567,38	17947,52	16606,06	22325,33	19235,52	8292,65	8289,16	6662,41
	Klärschlamm	g	5547,90	4477,87	7656,63	5789,15	6518,22	5809,83	835,68	708,58	221,07	221,08	203,78
	Müll-atomar	g	0,51	0,44	599,42	643,94	561,62	645,01	66,91	35,44	34,27	582,41	27,15
	Produktionsabfall	g	6208,90	5699,59	59696,61	62479,33	55776,80	62581,65	6488,86	3659,07	3391,22	3364,71	2679,42
	REA-Reststoff	g	4026,56	3432,58	4672,64	3871,27	4036,87	3880,08	4504,37	3851,33	1672,27	1673,03	1351,99

Abb. 96: Vergleich OP-Mäntel (80 Zyklen)

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Kittel		Einweg						Mehrweg				
	Stoff	in	Kittel D HP	Kittel D SP	Kittel E HP	Kittel E SP	Kittel F HP	Kittel F SP	Kittel A HP	Kittel A SP	Kittel B HP	Kittel C HP	Kittel B, C SP
Input	Elektrizität	MJ	2010,88	1709,08	2643,36	2278,19	2305,77	2283,67	2244,88	1928,77	845,02	840,70	640,77
	Prozesswärme	MJ	44,15	35,59	4,07	3,88	3,97	3,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Farbstoff	g	754,65	608,40	989,51	728,45	837,31	731,18	20,77	12,40	12,09	12,09	9,57
	Textilgrund-chemikalien	g	3831,30	3088,80	5023,67	3698,29	4250,98	3712,14	266,56	49,96	48,69	48,69	38,56
	Textilhilfsmittel	g	2263,95	1825,20	2968,53	2185,36	2511,94	2193,54	64,92	48,24	47,01	47,01	37,23
	Waschkraft-verstärker	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	358,45	201,50	273,00	273,00	155,50
	Waschmittel	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1720,56	967,20	1310,40	1310,40	746,40
Outpu	Abwasser	l	3145,41	2548,73	4020,46	2960,27	3402,20	2971,35	3032,19	2314,98	1335,52	1335,52	921,19
	Fernwärme	MJ	65,07	50,61	91,93	66,17	76,89	66,28	2,63	1,48	2,00	2,00	1,14
	Elektrizität	MJ	173,58	135,00	245,24	176,51	205,10	176,81	7,02	3,95	5,35	5,35	3,04
Ressourcenverbrauch	Abwärme	MJ	-5501,53	-4436,04	-1030,37	-2,78	-363,88	-2,76	-5,19	-5,19	-2,85	-2,91	-2,91
	Atomkraft	MJ	1493,00	1281,02	2056,90	1778,31	1803,17	1782,13	1859,55	1623,30	688,40	687,10	558,96
	Biomasse	MJ	67,15	58,70	119,18	99,69	103,90	99,85	112,02	101,33	39,84	39,60	33,74
	Braunkohle	MJ	1121,17	960,61	1512,20	1316,08	1329,35	1319,02	1277,66	1095,67	492,81	493,08	393,03
	Eisen-Schrott	g	333,17	278,28	336,93	284,09	288,72	284,85	260,67	207,42	87,31	87,60	70,82
	Erdgas	MJ	523,77	446,30	602,67	468,30	504,86	469,14	491,25	420,77	205,86	199,08	152,02
	Erdöl	MJ	1471,64	1193,60	703,36	371,38	483,14	373,41	126,53	110,93	63,08	57,35	47,10
	Erze	g	1133,74	949,51	1180,82	984,49	1010,38	987,00	848,19	737,22	312,13	602,00	254,46
	Fe-Schrott	g	1,06E-05	8,60E-06	3,83E-06	2,07E-06	2,56E-06	2,08E-06	3,02E-07	2,58E-07	1,09E-07	1,15E-07	8,82E-08
	Geothermie	MJ	1,57E-01	1,27E-01	6,90E-02	2,18E-02	3,94E-02	2,22E-02	6,12E-03	4,54E-03	1,35E-02	1,91E-03	1,55E-03
	Luft	g	1921,56	1573,03	446,12	91,75	213,27	91,39	128,20	132,43	131,12	63,76	60,83
	Mineralien	g	7361,56	6264,25	9316,58	7989,83	8113,39	8008,21	8657,70	7059,20	3019,09	3019,50	2458,58
	Müll	MJ	352,63	302,37	486,64	427,00	428,56	427,94	444,03	387,25	162,99	163,05	132,20
	NE-Schrott	g	1,41	1,20	1,86	1,59	1,62	1,59	1,55	1,32	0,59	0,60	0,49
	Sekundärrohstoffe	MJ	2,97	2,48	3,03	2,54	2,59	2,55	2,41	2,01	1,00	-0,63	0,76
	Steinkohle	MJ	900,04	779,78	1406,27	1184,63	1223,25	1187,68	1191,15	1018,52	459,34	456,47	367,64
	Wasser	l	1680,85	1441,88	2797,13	2538,50	2482,87	2543,71	7748,84019	3415,11	1852,19	1813,65	1304,13
	Wasserkraft	MJ	86,32	74,09	187,30	173,25	167,07	173,59	98,86	86,14	37,61	37,63	30,76
	Wind	MJ	24,97	21,51	36,52	32,31	32,33	32,38	8698,96	4900,56	6611,88	6611,87	3769,11
Luftemissionen	Arsen (As)	g	3,98E-03	3,43E-03	5,52E-03	4,79E-03	4,87E-03	4,80E-03	5,43E-03	4,72E-03	1,97E-03	1,97E-03	1,51E-03
	Ammoniak (NH3)	g	-30,27	-24,40	5,94	12,42	8,87	12,44	1,57	1,03	0,76	0,71	0,56
	Blei (Pb)	g	1,71E-02	1,44E-02	2,20E-02	1,83E-02	1,91E-02	1,83E-02	1,61E-02	1,36E-02	6,32E-03	6,33E-03	4,72E-03
	Cadmium (Cd)	g	2,61E-03	2,17E-03	3,38E-03	2,90E-03	2,95E-03	2,92E-03	1,65E-03	1,38E-03	6,67E-04	6,68E-04	4,88E-04
	Chrom (Cr)	g	3,99E-03	3,42E-03	5,44E-03	4,74E-03	4,80E-03	4,76E-03	4,97E-03	4,32E-03	1,85E-03	1,80E-03	1,39E-03
	Flussäure (HF)	g	4,99E-01	4,31E-01	6,58E-01	5,37E-01	5,70E-01	5,39E-01	6,29E-01	5,38E-01	2,45E-01	2,44E-01	1,86E-01
	Kohlendioxid (CO2)	g	316665,41	269183,72	377575,66	313629,21	326969,55	314349,99	327224,81	277763,52	129461,57	128802,94	96682,70
	Kohlenmonoxid (CO)	g	182,05	152,88	548,45	539,43	496,19	540,43	245,13	213,35	85,51	84,53	69,58
	Lachgas (N2O)	g	8,79	7,57	38,24	38,75	35,23	38,82	13,53	11,25	5,78	5,78	4,68
	Methan (CH4)	g	593,49	506,44	670,96	526,85	569,55	527,92	488,06	403,61	214,57	208,87	154,60
	Nickel (Ni)	g	3,56E-02	2,93E-02	4,63E-02	4,01E-02	4,03E-02	4,03E-02	1,59E-02	1,30E-02	6,95E-03	7,08E-03	4,86E-03
	NMVOC Nicht-Methane	g	381,06	311,46	225,98	134,24	168,32	134,61	65,41	57,48	31,96	31,98	26,41
	PAH Polyzykl. arom. KW	g	3,38E-06	2,85E-06	2,39E-05	1,82E-05	1,94E-05	1,83E-05	1,16E-04	7,21E-05	4,74E-04	7,93E-05	4,67E-05
	PCDD/F	g	1,10E-08	9,29E-09	1,53E-08	1,37E-08	1,36E-08	1,38E-08	1,03E-08	8,91E-09	3,78E-09	3,78E-09	2,92E-09
	Perfluoraethan	g	3,92E-03	3,36E-03	4,73E-03	4,00E-03	4,11E-03	4,01E-03	4,86E-03	4,23E-03	1,76E-03	1,76E-03	1,36E-03
	Perfluormethan	g	4,75E-04	4,10E-04	5,88E-04	5,23E-04	5,19E-04	5,25E-04	6,14E-04	5,33E-04	2,23E-04	2,23E-04	1,71E-04
	Quecksilber (Hg)	g	-1,31E-01	-1,05E-01	-1,30E-01	-1,26E-01	-1,18E-01	-1,26E-01	5,26E-03	4,49E-03	2,04E-03	2,01E-03	1,51E-03
	Salzsäure (HCl)	g	7,84	6,72	8,45	6,33	7,11	6,35	6,83	5,54	3,08	3,03	2,21
	Schwefeldioxid (SO2)	g	371,01	314,00	448,33	332,10	370,24	332,70	324,37	288,58	128,28	127,70	102,67
	Schwefelwasser-stoff (H2S)	g	-13,35	-10,72	-0,62	2,02	0,87	2,02	4,62	4,62	1,03	1,03	1,03
	Staub	g	57,28	49,28	91,16	65,41	76,34	65,52	89,72	217,04	35,33	54,39	133,71
	Stickoxid (NOx)	g	702,39	586,46	790,72	638,18	667,46	639,50	497,85	443,48	183,64	182,03	148,17
	TOPP-Äquivalent	g	679,76	575,74	1116,15	944,86	975,42	946,81	418,87	349,48	191,99	191,89	153,87
Wasseremissionen	anorg. Salze	g	36,69	30,41	15127,24	16239,09	14170,12	16266,17	1934,84	1071,27	1102,36	1102,36	790,87
	AOX	g	53,70	51,26	460,88	493,43	426,63	494,26	971,93	971,92	215,28	215,27	215,26
	Arsen (As)	g	1,76E-05	1,69E-05	4,29E-04	2,95E-04	3,34E-04	2,98E-04	6,45E-04	5,05E-04	3,16E-04	3,16E-04	2,11E-04
	Blei (Pb)	g	8,02E-05	7,56E-05	1,60E-03	1,13E-03	1,26E-03	1,15E-03	2,23E-03	1,84E-03	9,74E-04	9,74E-04	6,83E-04
	BSB5	g	880,21	711,43	1162,42	862,55	985,25	865,72	332,14	281,36	139,90	139,90	102,85
	Cadmium (Cd)	g	1,76E-06	1,62E-06	6,87E-05	3,96E-05	5,05E-05	4,02E-05	1,08E-03	6,21E-04	8,12E-04	8,12E-04	4,65E-04
	Chrom (Cr)	g	1,79E+00	1,44E+00	2,35E+00	1,73E+00	1,98E+00	1,73E+00	2,72E-02	7,67E-03	8,65E-03	7,29E-03	5,01E-03
	CSB	g	3923,28	3175,91	5352,88	4044,09	4553,66	4058,50	1528,06	1485,40	393,21	392,69	377,60
	Phosphor (P)	g	5,54	4,48	6,78	4,95	5,70	4,97	1,30	1,17	0,39	0,26	0,26
	Quecksilber (Hg)	g	9,96E-07	8,03E-07	1,01E-05	4,81E-06	6,99E-06	4,92E-06	2,54E-06	1,60E-06	5,10E-05	1,71E-06	1,01E-06
	Stickstoff (N)	g	41,77	33,74	53,91	39,79	45,55	39,94	11,29	9,61	4,44	4,44	3,38
Abfall	Abraum	g	1074717,16	924439,12	1292595,66	1092693,75	1127612,99	1095335,10	1277983,0	1091383,40	484629,72	484854,74	387218,86
	Asche	g	24927,11	21236,54	26179,09	20709,22	22434,40	20757,57	27663,27	23949,38	10258,21	10254,72	8244,09
	Klärschlamm	g	6934,88	5597,33	9570,79	7236,44	8147,77	7262,29	991,59	864,47	255,62	255,63	238,32
	Müll-atomar (hochaktiv)	g	0,64	0,55	749,28	804,92	702,02	806,26	67,04	35,56	34,32	582,45	27,19
	Produktionsabfall	g	7761,13	7124,48	74620,76	78099,16	69721,00	78227,07	6682,77	3817,18	3496,94	3470,44	2762,53
	REA-Reststoff	g	5033,20	4290,73	5840,80	4839,08	5046,08	4850,10	5563,23	4785,45	2062,75	2063,51	1665,71

Abb. 97: Vergleich OP-Mäntel (100 Zyklen)

(Quelle: Eigene Darstellung)

	Kittel		Einweg						Mehrweg				
	Stoff	in	Kittel D HP	Kittel D SP	Kittel E HP	Kittel E SP	Kittel F HP	Kittel F SP	Kittel A HP	Kittel A SP	Kittel B HP	Kittel C HP	Kittel B, C SP
Input	Elektrizität	MJ	1608,71	1367,26	2114,69	1822,55	1844,61	1826,94	598,30	333,04	414,19	409,88	248,02
	Prozesswärme	MJ	35,32	28,47	3,25	3,10	3,18	3,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Farbstoff	g	603,72	486,72	791,61	582,76	669,85	584,94	20,77	12,40	12,09	12,09	9,57
	Gewebe	g	34905,08	27676,22	47035,28	34254,45	39577,42	34348,78	1392,42	455,39	616,98	616,98	351,43
	Steinsalz		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PE-Granulat	g	19958,96	16090,94	1839,46	1753,50	1796,48	1796,48	633,45	1394,37	911,04	911,04	1076,05
	Testliner	g	446,43	359,91	41,14	39,22	40,18	40,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Zement-Klinker	g	6,58	5,30	0,61	0,58	0,59	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Zellstoff		878,40	849,12	8138,23	8744,48	7540,91	8759,03	214,84	214,84	47,58	47,58	47,58
	Textilgrund-chemikalien	g	3065,04	2471,04	4018,94	2958,63	3400,78	2969,71	266,56	49,96	48,69	48,69	38,56
	Textilhilfsmittel	g	1811,16	1460,16	2374,83	1748,28	2009,55	1754,83	64,92	48,24	47,01	47,01	37,23
	Waschkraft-verstärker	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	286,76	161,20	218,40	218,40	124,40
	Waschmittel	g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1376,45	773,76	1048,32	1048,32	597,12
Output	Abwasser	l	2516,33	2038,98	3216,37	2368,22	2721,76	2377,08	1228,59	619,42	802,81	802,81	469,36
	Fernwärme	MJ	52,06	40,49	73,55	52,94	61,51	53,02	2,63	1,48	2,00	2,00	1,14
	Elektrizität	MJ	138,86	108,00	196,19	141,21	164,08	141,45	7,02	3,95	5,35	5,35	3,04
	Textil/Verpackung	g	17176,00	14024,00	21752,00	16056,00	18432,00	16120,00	1474,97	1034,49	585,00	585,00	701,43
Ressourcenverbrauch	Abwärme	MJ	-4401,23	-3548,84	-824,30	-2,22	-291,10	-2,21	-0,05	-0,05	0,03	-0,03	-0,03
	Atomkraft	MJ	1194,40	1024,81	1645,52	1422,65	1442,54	1425,71	454,16	256,72	319,91	318,61	214,33
	Biomasse	MJ	53,72	46,96	95,34	79,75	83,12	79,88	21,00	12,09	14,86	14,63	9,86
	Braunkohle	MJ	896,93	768,49	1209,76	1052,86	1063,48	1055,22	352,31	200,63	247,82	248,10	166,68
	Eisen-Schrott	g	266,54	222,63	269,54	227,27	230,98	227,88	81,34	33,10	41,01	41,30	27,60
	Erdgas	MJ	419,01	357,04	482,14	374,64	403,89	375,31	131,79	72,77	100,02	93,25	54,75
	Erdöl	MJ	1177,31	954,88	562,68	297,10	386,51	298,72	29,50	16,64	27,48	21,76	13,36
	Erze	g	907,00	759,61	944,66	787,59	808,31	789,60	209,28	115,80	143,49	433,36	96,59
	Fe-Schrott	g	8,52E-06	6,88E-06	3,06E-06	1,65E-06	2,04E-06	1,66E-06	7,89E-08	4,15E-08	5,13E-08	5,72E-08	3,45E-08
	Geothermie	MJ	1,25E-01	1,01E-01	5,52E-02	1,74E-02	3,15E-02	1,78E-02	2,19E-03	7,27E-04	1,25E-02	8,98E-04	6,04E-04
	Luft	g	1537,25	1258,43	356,89	73,40	170,62	73,11	11,29	16,39	75,04	7,69	5,30
	Mineralien	g	5889,25	5011,40	7453,27	6391,86	6490,71	6406,57	2576,58	1153,96	1436,93	1437,34	980,92
	Müll	MJ	282,10	241,89	389,31	341,60	342,85	342,35	109,16	61,71	76,54	76,61	51,50
	NE-Schrott	g	1,13	0,96	1,49	1,27	1,30	1,27	0,44	0,24	0,30	0,30	0,21
	Sekundärrohstoffe	MJ	2,37	1,98	2,42	2,04	2,07	2,04	0,76	0,42	0,54	-1,09	0,35
	Steinkohle	MJ	720,03	623,82	1125,02	947,71	978,60	950,14	324,66	179,30	225,43	222,57	150,50
	Wasser	l	1344,68	1153,50	2237,70	2030,80	1986,30	2034,97	4968,50	771,97	1057,50	1018,96	606,68
	Wasserkraft	MJ	69,05	59,27	149,84	138,60	133,66	138,87	24,39	13,75	17,06	17,08	11,49
	Wind	MJ	19,97	17,21	29,21	25,85	25,86	25,91	6940,39	3901,52	5285,39	5285,39	3011,14
Luftemissionen	Arsen (As)	g	3,19E-03	2,75E-03	4,41E-03	3,83E-03	3,89E-03	3,84E-03	1,32E-03	7,27E-04	9,09E-04	9,08E-04	5,40E-04
	Ammoniak (NH3)	g	-24,22	-19,52	4,75	9,93	7,09	9,95	1,13	0,60	0,65	0,60	0,46
	Blei (Pb)	g	1,36E-02	1,15E-02	1,76E-02	1,46E-02	1,53E-02	1,46E-02	4,65E-03	2,63E-03	3,28E-03	3,29E-03	1,97E-03
	Cadmium (Cd)	g	2,09E-03	1,74E-03	2,71E-03	2,32E-03	2,36E-03	2,33E-03	5,03E-04	2,78E-04	3,53E-04	3,54E-04	2,09E-04
	Chrom (Cr)	g	3,19E-03	2,73E-03	4,36E-03	3,80E-03	3,84E-03	3,81E-03	1,21E-03	6,65E-04	8,77E-04	8,34E-04	4,94E-04
	Flussäure (HF)	g	3,99E-01	3,45E-01	5,26E-01	4,30E-01	4,56E-01	4,31E-01	1,68E-01	9,21E-02	1,17E-01	1,16E-01	6,88E-02
	Kohlenstoffdioxid	g	253332,33	215346,98	302060,53	250903,36	261575,64	251480,00	91943,92	50582,08	64588,51	63929,88	37873,25
	Kohlenstoff-monoxid (CO)	g	145,64	122,30	438,76	431,55	396,95	432,34	63,70	34,91	39,68	38,70	25,99
	Lachgas (N2O)	g	7,03	6,05	30,59	31,00	28,19	31,06	5,72	3,69	3,72	3,71	2,81
	Methan (CH4)	g	474,79	405,15	536,77	421,48	455,64	422,34	156,14	85,24	114,06	108,36	64,24
	Nickel (Ni)	g	2,85E-02	2,34E-02	3,70E-02	3,21E-02	3,23E-02	3,23E-02	5,44E-03	3,01E-03	3,98E-03	4,10E-03	2,28E-03
	NMVOC Nicht-Methane	g	304,85	249,17	180,78	107,39	134,66	107,69	14,94	8,46	10,82	10,84	6,35
	PAH Polyzykl. arom. KW	g	2,70E-06	2,28E-06	1,91E-05	1,45E-05	1,55E-05	1,47E-05	7,97E-05	4,49E-05	4,55E-04	6,06E-05	3,46E-05
	PCDD/F	g	8,81E-09	7,43E-09	1,23E-08	1,10E-08	1,08E-08	1,10E-08	2,68E-09	1,49E-09	1,80E-09	1,81E-09	1,11E-09
	Perfluoraethan	g	3,14E-03	2,69E-03	3,78E-03	3,20E-03	3,29E-03	3,21E-03	1,18E-03	6,50E-04	8,13E-04	8,14E-04	4,83E-04
	Perfluormethan	g	3,80E-04	3,28E-04	4,70E-04	4,19E-04	4,15E-04	4,20E-04	1,51E-04	8,28E-05	1,03E-04	1,04E-04	6,15E-05
	Quecksilber (Hg)	g	-1,05E-01	-8,42E-02	-1,04E-01	-1,00E-01	-9,45E-02	-1,01E-01	1,45E-03	7,98E-04	1,03E-03	9,98E-04	5,96E-04
	Salzsäure (HCl)	g	6,27	5,38	6,76	5,07	5,69	5,08	2,39	1,30	1,70	1,65	0,99
	Schwefeldioxid	g	296,81	251,20	358,66	265,68	296,19	266,16	68,38	38,41	49,71	49,12	28,45
	Schwefelwasser-stoff (H2S)	g	-10,68	-8,58	-0,50	1,61	0,70	1,62	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01
	Staub	g	45,82	39,43	72,92	52,33	61,07	52,41	18,41	147,24	13,74	32,80	113,25
	Stickoxid (NOx)	g	561,91	469,17	632,58	510,54	533,97	511,60	103,78	57,77	71,87	70,27	42,65
	TOPP-Äquivalent	g	543,81	460,59	892,92	755,88	780,34	757,44	141,16	81,54	92,59	92,50	61,79
Wasseremissionen	anorg. Salze	g	29,35	24,33	12101,79	12991,27	11336,09	13012,93	1759,76	942,07	1006,66	1006,66	728,86
	AOX	g	42,96	41,01	368,71	394,74	341,30	395,41	9,76	9,75	2,19	2,18	2,18
	Arsen (As)	g	1,41E-05	1,35E-05	3,43E-04	2,36E-04	2,67E-04	2,39E-04	2,60E-04	1,47E-04	1,96E-04	1,96E-04	1,12E-04
	Blei (Pb)	g	6,42E-05	6,05E-05	1,28E-03	9,08E-04	1,00E-03	9,18E-04	7,24E-04	4,13E-04	5,45E-04	5,44E-04	3,11E-04
	BSB5	g	704,17	569,14	929,94	690,04	788,20	692,58	105,43	63,74	78,30	78,30	48,05
	Cadmium (Cd)	g	1,41E-06	1,30E-06	5,50E-05	3,17E-05	4,04E-05	3,22E-05	8,48E-04	4,77E-04	6,46E-04	6,46E-04	3,68E-04
	Chrom (Cr)	g	1,43E+00	1,15E+00	1,88E+00	1,38E+00	1,59E+00	1,39E+00	2,46E-02	5,47E-03	7,52E-03	6,17E-03	4,21E-03
	CSB	g	3138,62	2540,73	4282,31	3235,27	3642,93	3246,80	122,67	83,00	77,35	76,83	62,54
	Phosphor (P)	g	4,43	3,58	5,43	3,96	4,56	3,98	0,14	0,01	0,13	0,00	0,00
	Quecksilber (Hg)	g	7,97E-07	6,42E-07	8,04E-06	3,85E-06	5,59E-06	3,94E-06	1,71E-06	9,64E-07	5,06E-05	1,30E-06	7,42E-07
	Stickstoff (N)	g	33,41	26,99	43,13	31,83	36,44	31,95	3,43	1,99	2,37	2,37	1,50
Abfall	Abraum	g	859773,73	739551,29	1034076,53	874155,00	902090,40	876268,08	345993,6	189531,44	238491,95	238716,97	159622,45
	Asche	g	19941,68	16989,23	20943,27	16567,38	17947,52	16606,06	6870,37	3780,56	4816,48	4812,98	3186,23
	Klärschlamm	g	5547,90	4477,87	7656,63	5789,15	6518,22	5809,83	220,02	92,92	84,72	84,73	67,43
	Müll-atomar	g	0,51	0,44	599,42	643,94	561,62	645,01	66,53	35,06	34,19	582,32	27,06
	Produktionsabfall	g	6208,90	5699,59	59696,61	62479,33	55776,80	62581,65	6045,94	3216,15	3219,62	3193,11	2507,82
	REA-Reststoff	g	4026,56	3432,58	4672,64	3871,27	4036,87	3880,08	1447,18	794,14	986,93	987,69	666,65

Abb. 98: Vergleich OP-Mäntel Mehrwegverpackung

(Quelle: Eigene Darstellung)

Anhang 4: Konsistenzanalyse

Mantel	Modul	Prüfung			
		Datenquelle	Daten-alter	Daten-genau-igkeit	Erfassungsbereich
Kittel D HP	Rohstoffherstellung	Literatur	1-14 Jahre	gut	Europa
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
Kittel D SP	Rohstoffherstellung	Literatur	1-14 Jahre	gut	Europa
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
Kittel E HP	Rohstoffherstellung	Literatur	2-11 Jahre	gut	Europa, USA
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
Kittel E SP	Rohstoffherstellung	Literatur	2-11 Jahre	gut	Europa, USA
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz

Mantel	Modul	Prüfung			
		Datenquelle	**Daten-alter**	**Daten-genau-igkeit**	**Erfassungsbereich**
Kittel F HP	Rohstoffherstellung	Literatur	2-11 Jahre	gut	Europa, USA
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
Kittel E SP	Rohstoffherstellung	Literatur	2-11 Jahre	gut	Europa, USA
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
Kittel E HP	Rohstoffherstellung	Literatur	1-14 Jahre	gut	Europa
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
Kittel A HP	Rohstoffherstellung	Literatur	1-11 Jahre	gut	Weltweit
	Faserherstellung	Literatur	0-9 Jahre	gut	Europa, USA, Thailand
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa, USA
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Wäscherei	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Finnland
	Waschmittel-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	schlecht	Deutschland, Schweiz
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz

Mantel	Modul	Prüfung			
		Datenquelle	**Daten-alter**	**Daten-genau-igkeit**	**Erfassungsbereich**
Kittel A SP	Rohstoffherstellung	Literatur	6-10 Jahre	gut	Deutschland, USA, GB
	Faserherstellung	Literatur	0-9 Jahre	gut	Europa, USA, Thailand
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	6-10 Jahre	gut	USA, Thailand
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Wäscherei	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Finnland
	Waschmittel-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	schlecht	Deutschland, Schweiz
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
Kittel B HP	Rohstoffherstellung	Literatur	1-10 Jahre	mäßig	Deutschland, USA, GB
	Faserherstellung	Literatur	0-9 Jahre	gut	Europa, USA, Thailand
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	1-12 Jahre	schlecht	Deutschland
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Wäscherei	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Finnland
	Waschmittel-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	schlecht	Deutschland, Schweiz
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
Kittel C HP	Rohstoffherstellung	Literatur	1-10 Jahre	schlecht	Deutschland, USA, GB
	Faserherstellung	Literatur	0-9 Jahre	gut	Europa, USA, Thailand
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	1-12 Jahre	schlecht	Deutschland
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Wäscherei	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Finnland
	Waschmittel-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	schlecht	Deutschland, Schweiz
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz

Mantel	Modul	Prüfung			
		Datenquelle	**Daten-alter**	**Daten-genau-igkeit**	**Erfassungsbereich**
Kittel B, C SP	Rohstoffherstellung	Literatur	1-10 Jahre	schlecht	Deutschland, USA, GB
	Faserherstellung	Literatur	0-9 Jahre	gut	Europa, USA, Thailand
	Flächengebilde-herstellung	Literatur	6-10 Jahre	gut	USA, Thailand
	Textilveredlung	Literatur	3-5 Jahre	schlecht	Europa
	Konfektion	Literatur	1-11 Jahre	gut	Europa
	Verpackung	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Schweiz, USA
	Sterilisation	Literatur, Firmen-information	9 Jahre	schlecht	Deutschland
	Wäscherei	Literatur	2-9 Jahre	mäßig	Deutschland, Finnland
	Waschmittel-herstellung	Literatur	1-10 Jahre	schlecht	Deutschland, Schweiz
	Entsorgung	Literatur	6-11 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
	Abwasseraufbereitung	Literatur	6 Jahre	gut	Deutschland, Schweiz
Vergleich der Module zw. den Kitteln		einheitlich	bedingt einheitlich	bedingt einheit-lich	einheitlich

Abb. 99: Ergebnis der Konsistenzanalyse

(Quelle: Eigene Darstellung)

Anhang 5: Vergleich der Sachbilanz

Alle Angaben für einen Umlauf des beschriebenen Textils			**Goretex (Polyester/PTFE-Laminat)**					**Baumwoll/Polyester-Mischgewebe**				**Polyestergewebe**		
			Brune, D. (1988): S. 50.	Schmidt, A. (2000): S. 24, 27.		Jäger, W. R. (1996): S. 49.	eigene Berechnung	Brune, D. (1988): S. 50.	Schmidt, A. (2000): S. 24, 27.		eigene Berechnung	Schmidt, A. (2000): S. 24, 27.		eigene Berechnung
	Bemerkung		*Umrechnung auf 1 Kittel (546g)*	*Kittel, 75 Waschzyklen, incl. Verpackung, Transport*		*Umrechnung auf 1 Kittel (546g + 58g Verpackung)*	*Kittel C HP*	*Umrechnung auf einen Kittel (628g)*	*Kittel, 75 Waschzyklen, incl. Verpackung, Transport*		*Kittel A HP*	*Kittel, 75 Waschzyklen, incl. Verpackung, Transport*		*Kittel B, C SP*
	Szenario			best	worst				best	worst		best	worst	
Input	Elektrizität	MJ	0,29	0,85	0,90			0,11	0,60	2,42		0,31	0,38	
	Energie gesamt	MJ	6,29	11,39	14,87	9,87	8,54	7,14	8,16	22,84	22,74	6,25	9,80	6,52
	Hilfsstoffe	g												
Ressourcenverbrauch	Biomasse	g		27,38	27,38		33,43		27,58	27,60	94,16	26,98	26,98	27,44
	Erdgas	g		158,38	70,98	89,25	48,15		84,41	62,72	118,38	68,13	34,48	36,66
	Erdöl	g		23,87	58,31	43,47	15,78		29,92	436,18	34,70	11,26	151,17	12,61
	Holz	g		41,58	0,12	12,39			41,62	42,04		41,45	41,59	
	Kalkstein	g				7,35								
	Kohle	g		65,82	456,76	70,77			37,33	197,41		18,81	28,97	
	Phosphat	g				4,62								
	Steinsalz	g				19,95								
	Wasser	l	9,23	17,30	17,30	18,93	18,28	10,11	60,10	60,10	83,00	11,00	11,00	13,13
Luftemissionen	Ammoniak (NH_4)	g		0,37	3,83		0,01		0,30	2,54	0,02	0,09	0,66	0,01
	Chlor (Cl_2)	g	8,19E-04					9,42E-04						
	CO_2-Äquivalent	g												
	HC	g				6,93								
	Kohlenstoffdioxid (CO_2)	g		591,52	991,24	632,10	1305,69		365,46	1680,00	3311,65	242,37	521,95	979,98
	Kohlenstoffmonoxid	g		0,81	1,08	0,42	0,89		0,76	0,81	2,54	0,64	0,32	0,73
	Lachgas (N_2O)	g		0,01	0,01		0,06		0,02	0,03	0,14			0,05
	NO_x-Äquivalent	g												
	Salzsäure (HCl)	g		0,01	0,35		0,03		0,01	0,03	0,07	0,01	0,01	0,02
	Schwefeldioxid (SO_2)	g	0,09	1,39	5,14	5,04	1,30	0,09	1,12	4,46	3,28	0,69	1,27	1,04
	Schwefelwasserstoff	g					0,01				0,05			0,01
	SO_2-Äquivalent	g												
	Staub	g				1,89	0,60				0,91			1,60
	Stickoxid (NO_x)	g	0,00	1,49	3,01	5,25	1,85	0,01	1,30	3,15	5,04	0,86	1,18	1,50
Wasseremissionen	Ammoniak (NH_4)	g				0,00								
	BSB	g	0,30	3,01	3,01	0,21	1,44	0,34	4,36	4,36	3,37	1,93	1,93	1,06
	CSB	g	1,77	4,99	4,99	1,05	4,06	0,97	5,75	5,75	15,48	2,85	2,85	3,80
	org. Chlor	g												
	Phosphor (P)	g	0,55	0,01	0,01	0,21	0,00	0,63	0,01	0,01	0,01			0,00
	PO_4^{3-}	g												
	Stickstoff (N)	g		0,08	0,08		0,05		0,33	0,42	0,12	0,04	0,07	0,04
	Tenside	g	0,11					0,13						
Abfall	Abfall	g	1,64	65,30	65,30	14,07	42,06	1,88	66,40	66,40	81,11	62,10	62,10	33,26
	Schlacke/Asche	g				6,30	103,61				279,07			78,60

Abb. 100: Vergleich Studienergebnisse Mehrwegtextilien

(Quelle: Eigene Darstellung)

Alle Angaben für einen Umlauf des beschriebenen Textils			Zellstoff/PES-Vlies				Zellstoff/Polyester-Vlies verklebt mit PE-Folie						
			Schorb, A (1990): S. 86.	Schmidt, A. (2000): S. 24, 27.		eigene Berechnung	Jäger, W. R. (1996): S. 49.	Dettenkofer, M. (1999): S.	Eriksson, E. (2003): S. 30ff.	Schmidt, A. (2000): S. 24, 27.		Schorb, A (1990): S. 96.	eigene Berechnung
	Bemerkung		*Umrechnung auf 1 Kittel (210 g + 58 Verpackung)*	*Kittel incl. Verpackung, Transport*		*Kittel E SP*	*Umrechnung auf 1 Kittel (210 g + 58 Verpackung)*	*Umrechnung auf 1 Kittel (210 g + 58 Verpackung)*	*Kittel incl. Verpackung, Transport*	*Kittel incl. Verpackung, Transport*		*Umrechnung auf 1 Kittel (230 g + 58 g Verpackung)*	*Kittel E HP*
	Szenario			best	worst					best	worst		
Input	Elektrizität	MJ		3,27	3,48					3,15	3,39		
	Energie gesamt	MJ	56,28	27,75	33,21	22,78	13,66	29,68		28,66	34,91	23,97	26,43
	Hilfsstoffe	g	11,77									79,43	
Ressourcenverbrauch	Biomasse	g		26,45	26,45	1,00				26,23	26,24		1,19
	Erdgas	g	1209,27	151,30	175,81	4,68	27,54			171,33	198,52	325,16	6,03
	Erdöl	g		76,95	191,02	3,71	255,24			84,27	213,85		7,03
	Holz	g	261,46	808,62	808,64		174,19			809,98	809,98	473,81	
	Kalkstein	g					2,02						
	Kohle	g		245,66	266,50		195,91			243,24	267,32		
	Phosphat	g											
	Steinsalz	g					27,31						
	Wasser	l	16,08	43,10	43,10	25,39	35,24	179,19		43,50	43,50	20,49	27,97
Luftemissionen	Ammoniak (NH4)	g		2,55	3,08	0,12				2,40	3,01		0,06
	Chlor (Cl2)	g											
	CO2-Äquivalent	g							2200,00				
	HC	g	10,39				3,36					10,17	
	Kohlenstoffdioxid (CO2)	g		307,77	760,56	3136,29	830,64	2228,96		337,16	856,63		3775,76
	Kohlenstoffmonoxid	g	3,66	83,28	83,42	5,39	0,90			83,58	83,73	3,02	5,48
	Lachgas (N2O)	g		0,01	0,01	0,39				0,01	0,01		0,38
	NOx-Äquivalent	g							11,50				
	Salzsäure (HCl)	g		0,07	0,08	0,06				0,07	0,08		0,08
	Schwefeldioxid (SO2)	g	31,51	9,43	10,06	3,32	14,55	5,68		8,99	9,71	8,25	4,48
	Schwefelwasserstoff	g				0,02						0,02	-0,01
	SO2-Äquivalent	g							20,50				
	Staub	g	5,88			0,65	3,81					4,69	0,91
	Stickoxid (NOx)	g	23,20	5,36	5,90	6,38	5,60	7,12		5,47	6,09	17,05	7,91
Wasseremissionen	Ammoniak (NH4)	g											
	BSB	g	102,91	0,25	0,26	8,63	1,57	0,87		0,26	0,26	378,98	11,62
	CSB	g	400,39	1,62	1,62	40,44	12,54	11,89		1,62	1,62	1358,94	53,53
	org. Chlor	g											
	Phosphor (P)	g				0,05							0,07
	PO4 3-	g											
	Stickstoff (N)	g		-0,02		0,40				-0,03			0,54
	Tenside	g											
Abfall	Abfall	g	21,57	268,00	268,00	780,99	238,00	72,55		288,00	288,00	28,41	746,21
	Schlacke/Asche	g				207,09	13,88						261,79

Abb. 101: Vergleich Studienergebnisse Einwegtextilien

(Quelle: Eigene Darstellung)

Anhang 6: Modellierung der Lebenszyklen der OP-Textilien

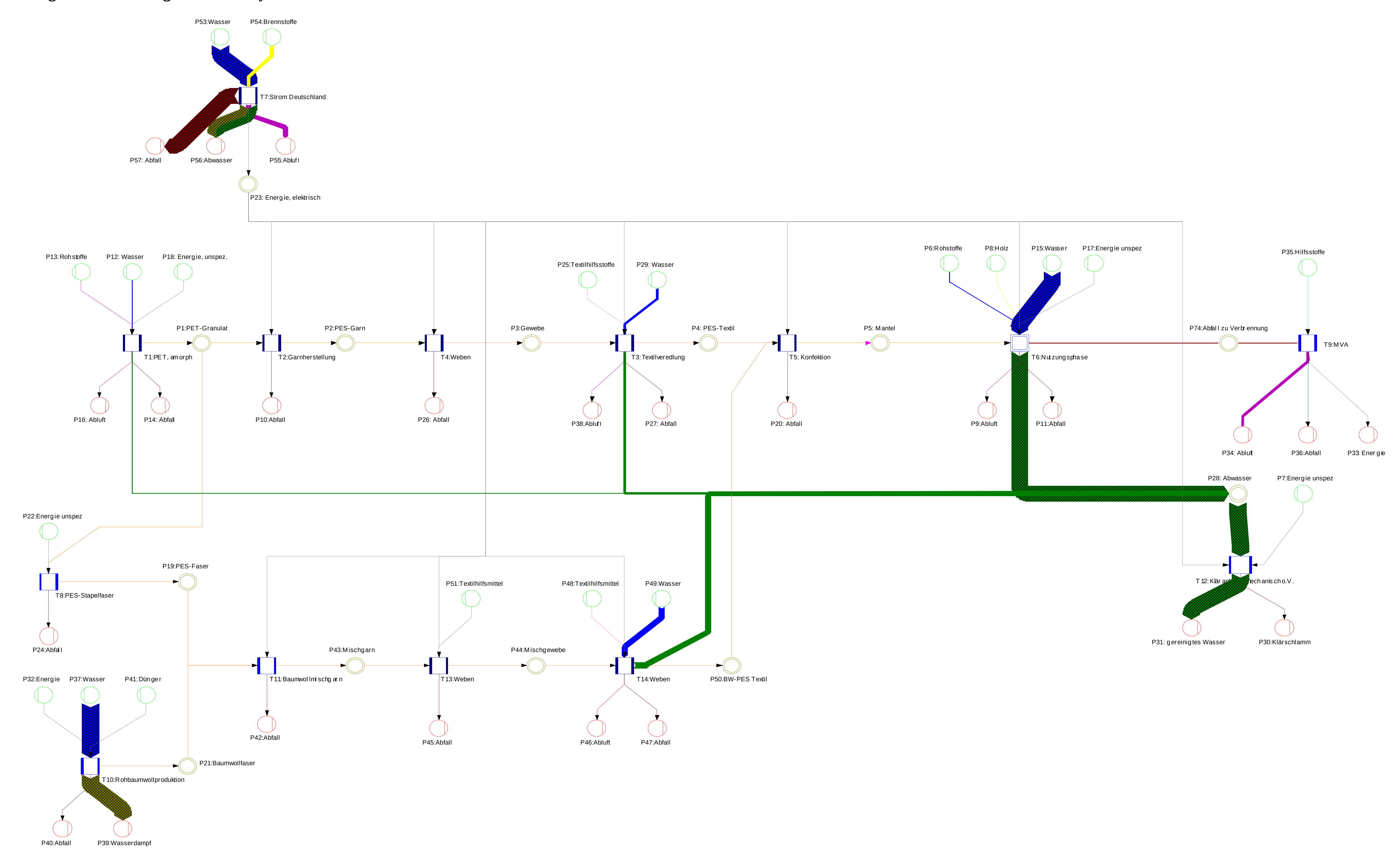


Abb. 102: Materialfluss Kittel A HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

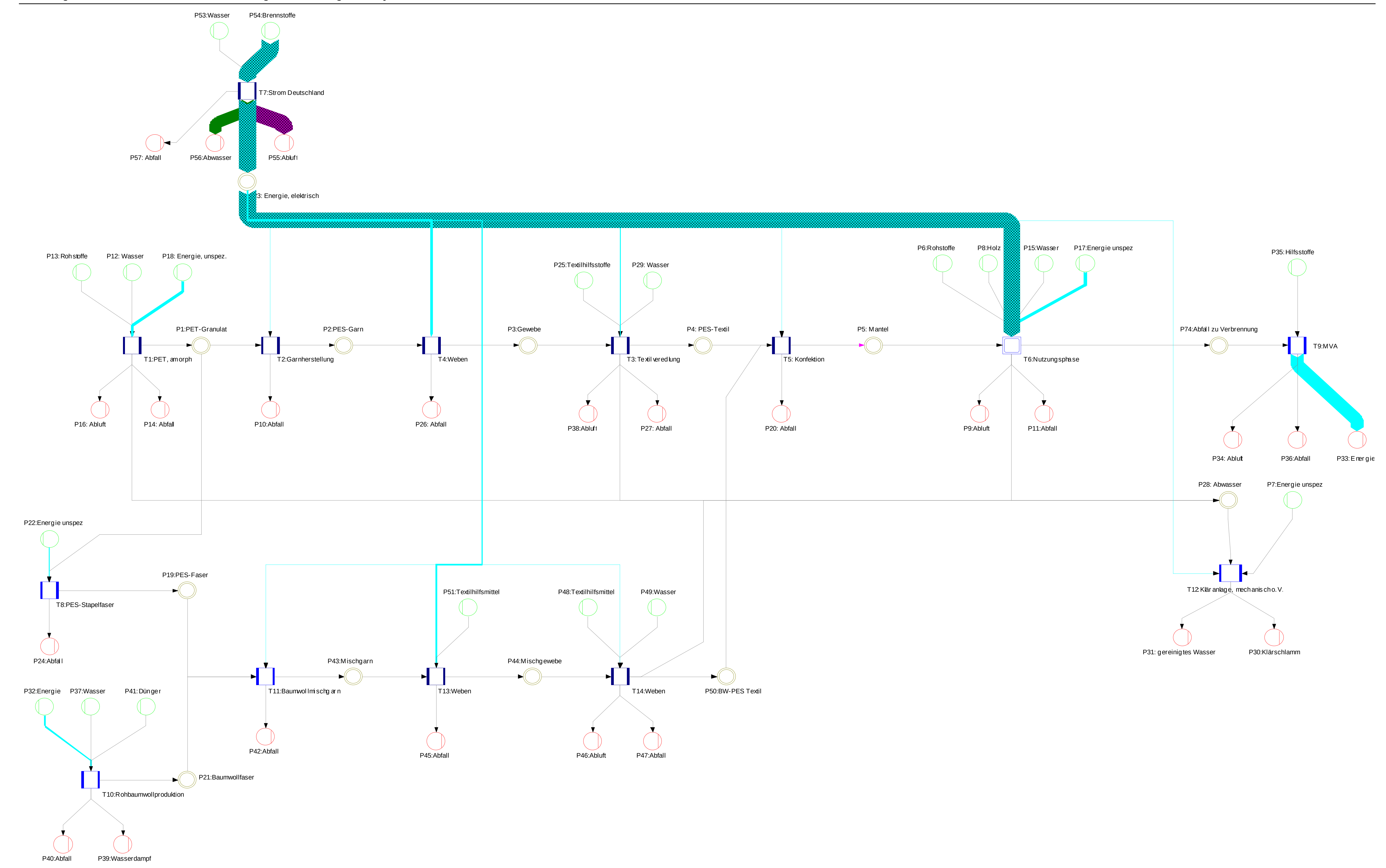


Abb. 103: Energiefluss Kittel A HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

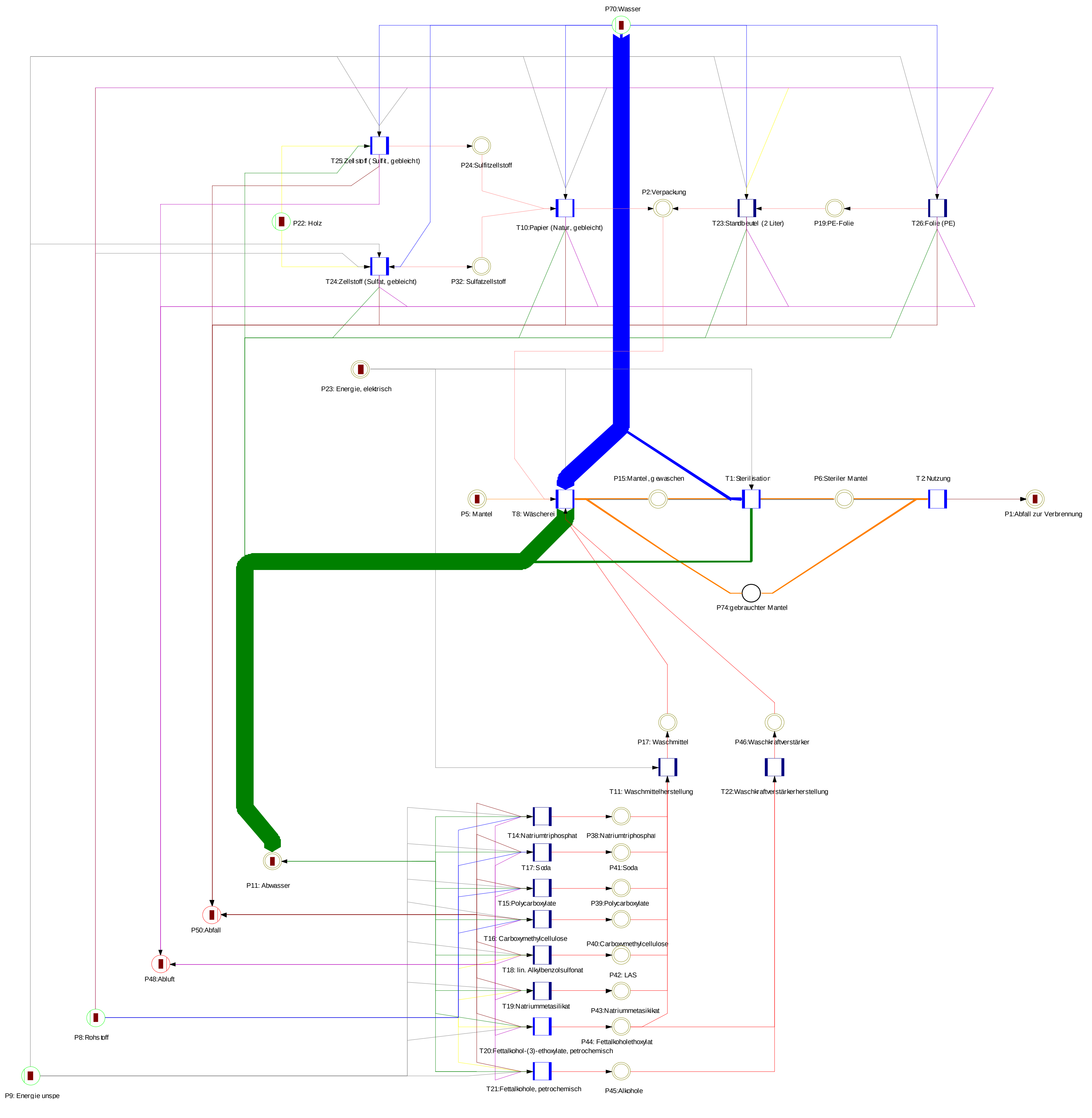


Abb. 104: Materialfluss Nutzungsphase Kittel A HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

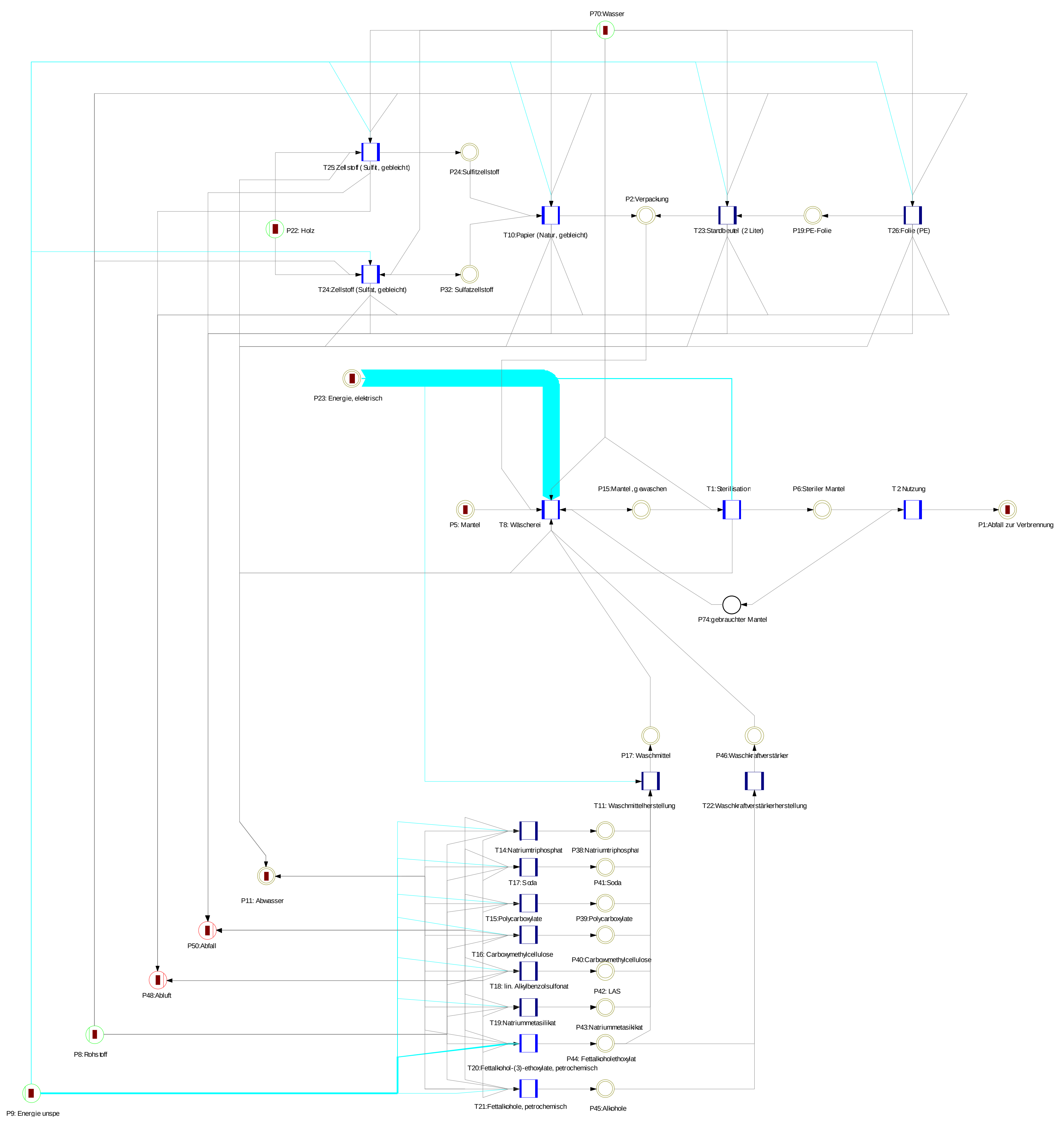


Abb. 105: Energiefluss Nutzungsphase Kittel A HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

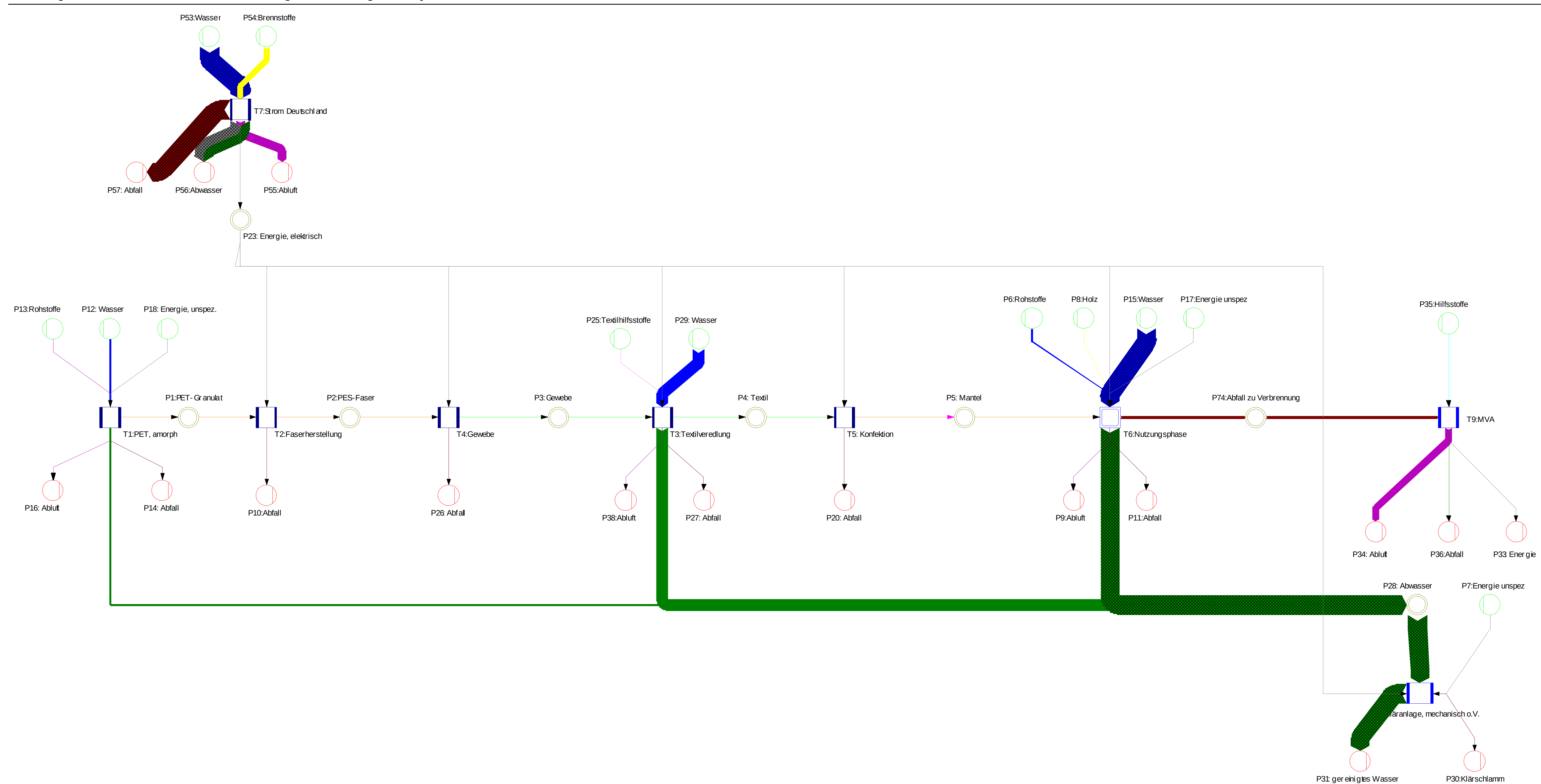


Abb. 106: Materialfluss Kittel A SP

(Quelle: Eigene Darstellung)

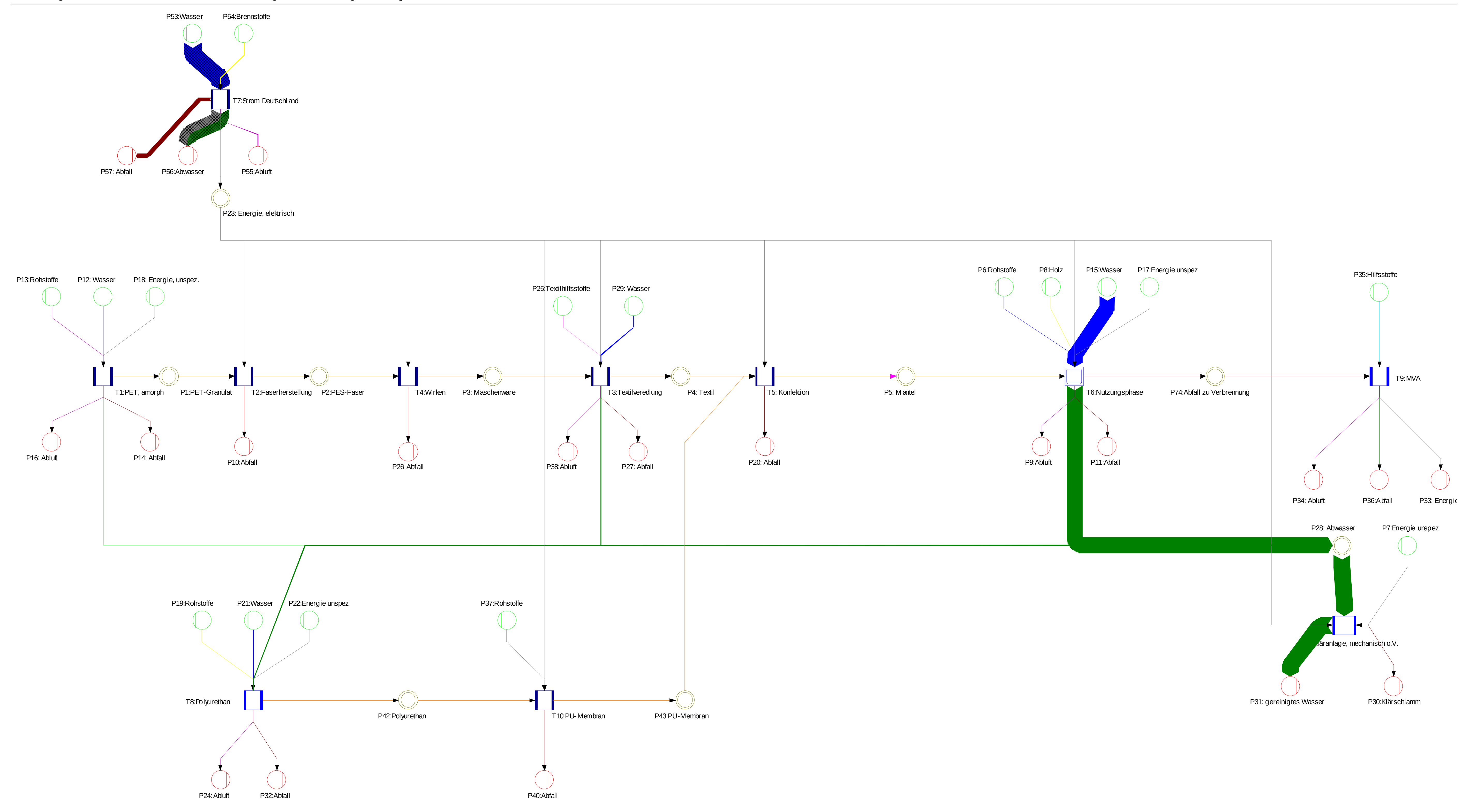


Abb. 107: Materialfluss Kittel B HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

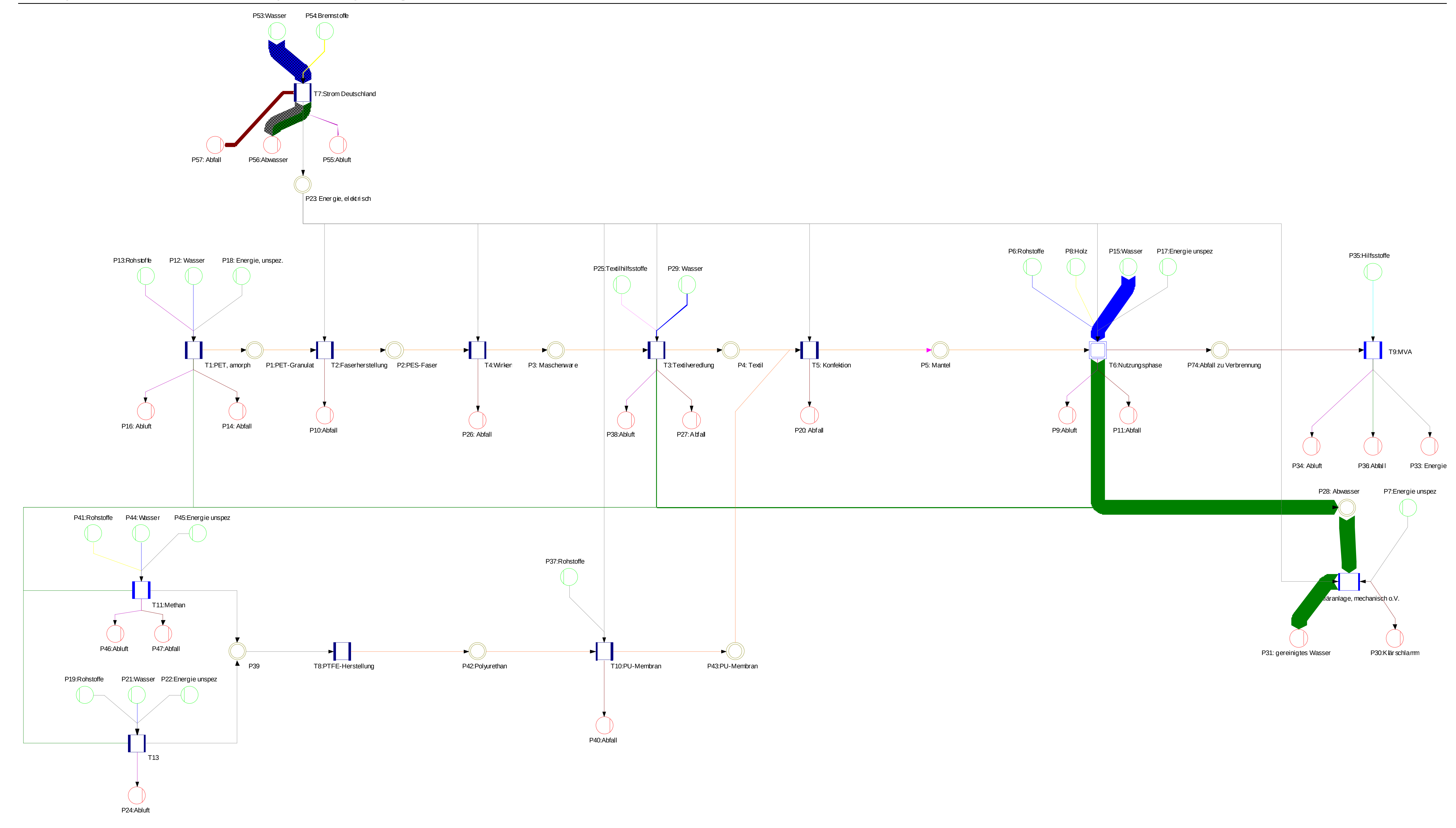


Abb. 108: Materialfluss Kittel C HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

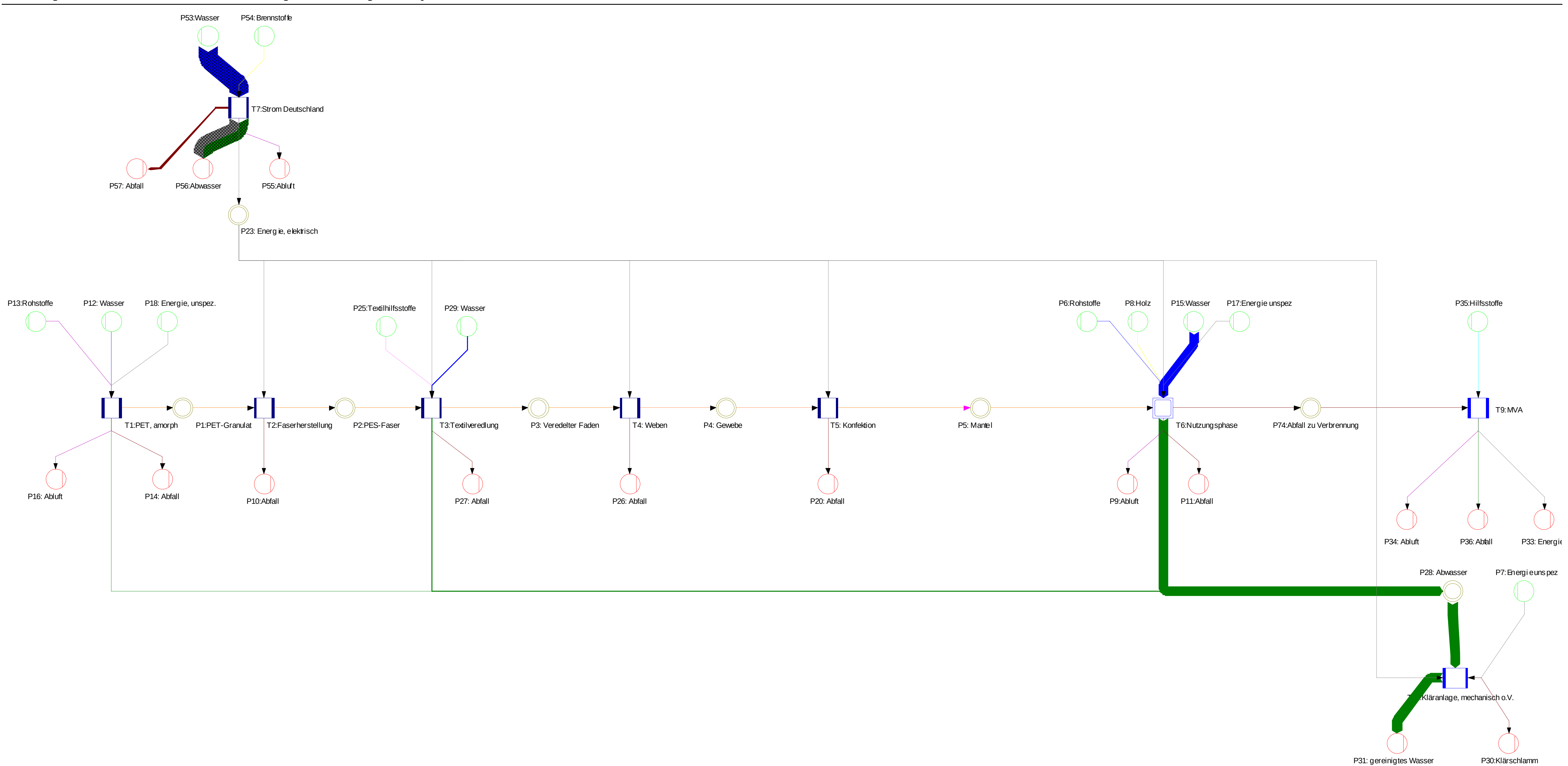


Abb. 109: Materialfluss Kittel B, C SP

(Quelle: Eigene Darstellung)

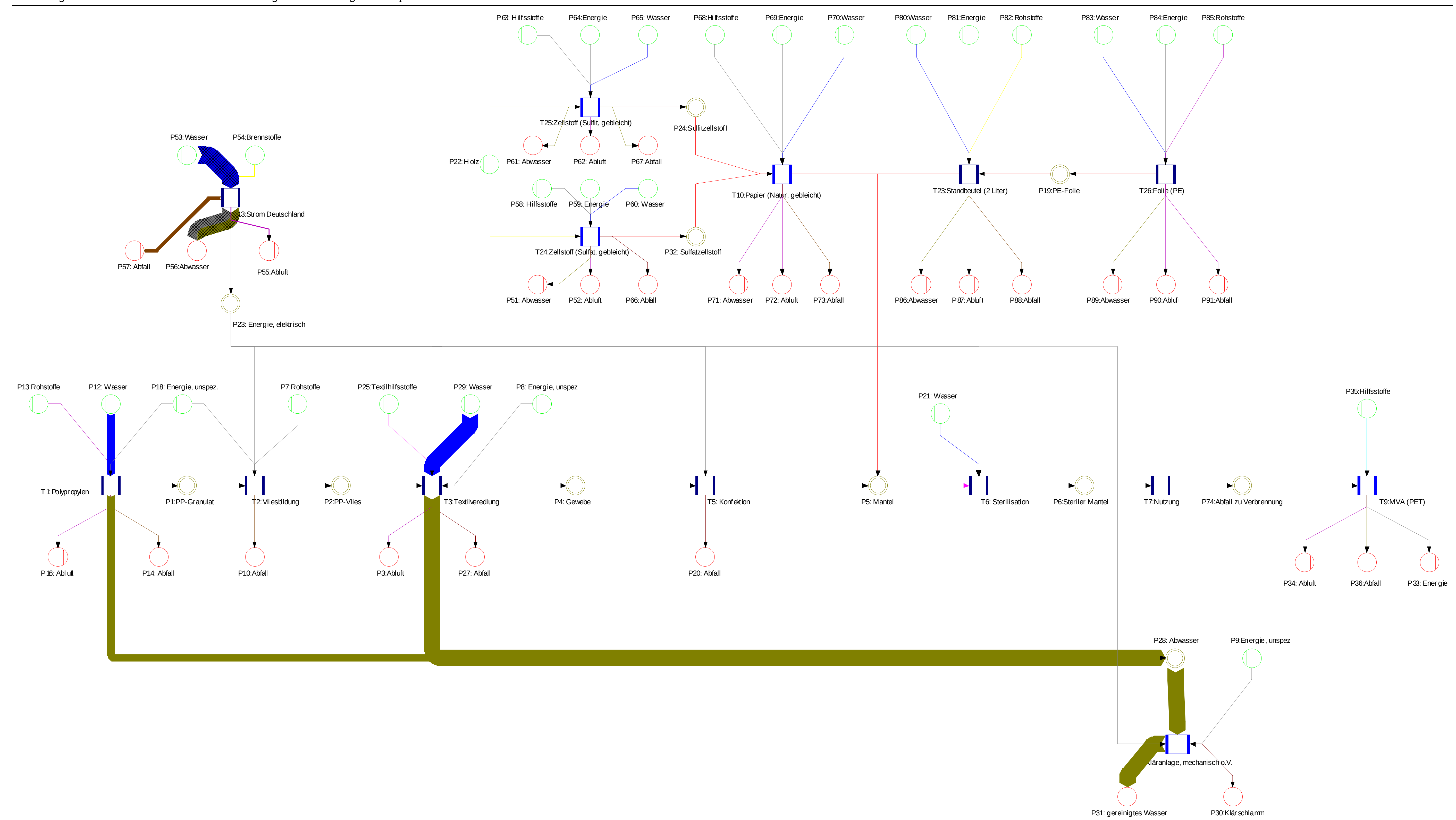


Abb. 110: Materialfluss Kittel D HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

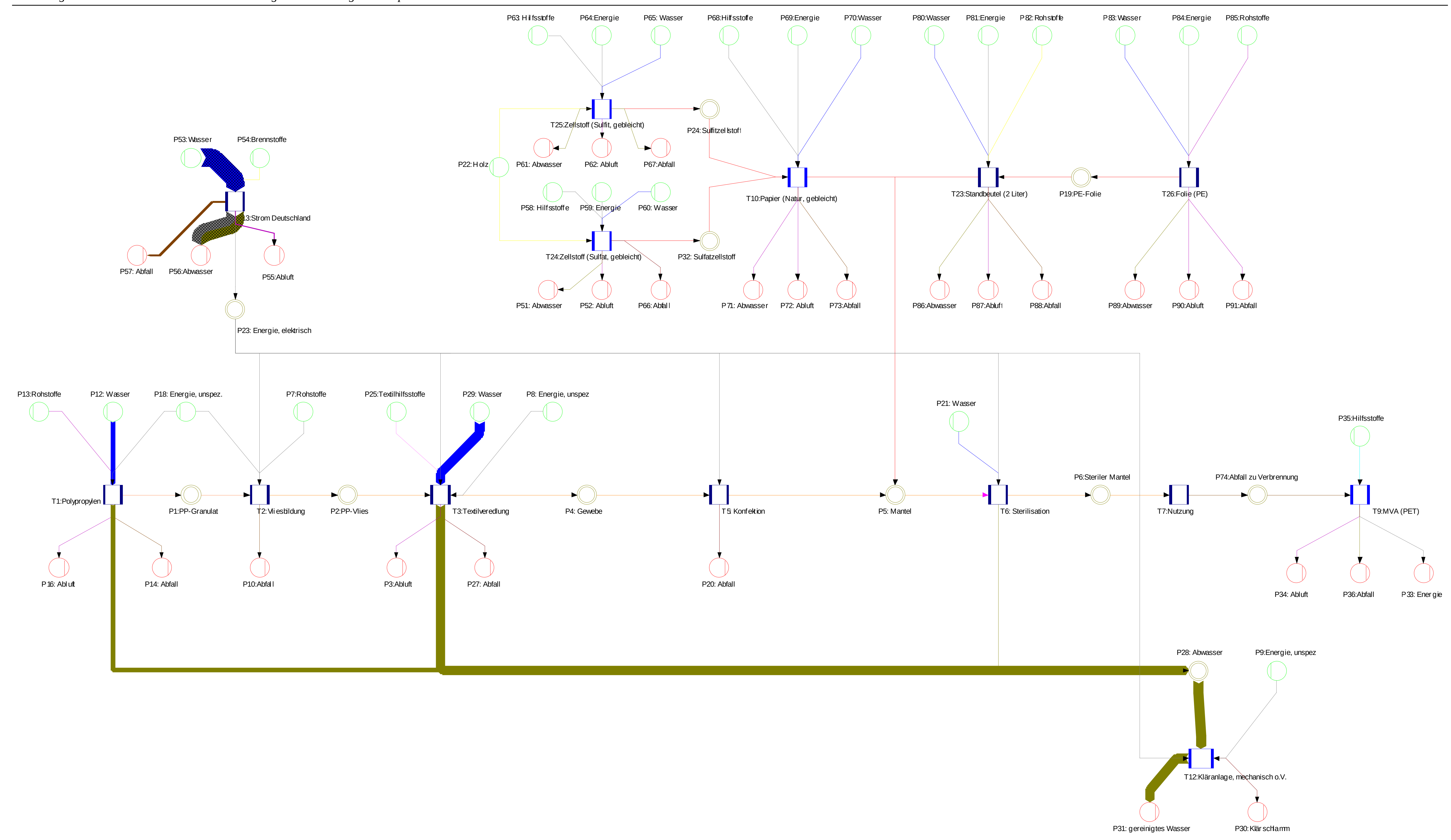


Abb. 111: Materialfluss Kittel D SP

(Quelle: Eigene Darstellung)

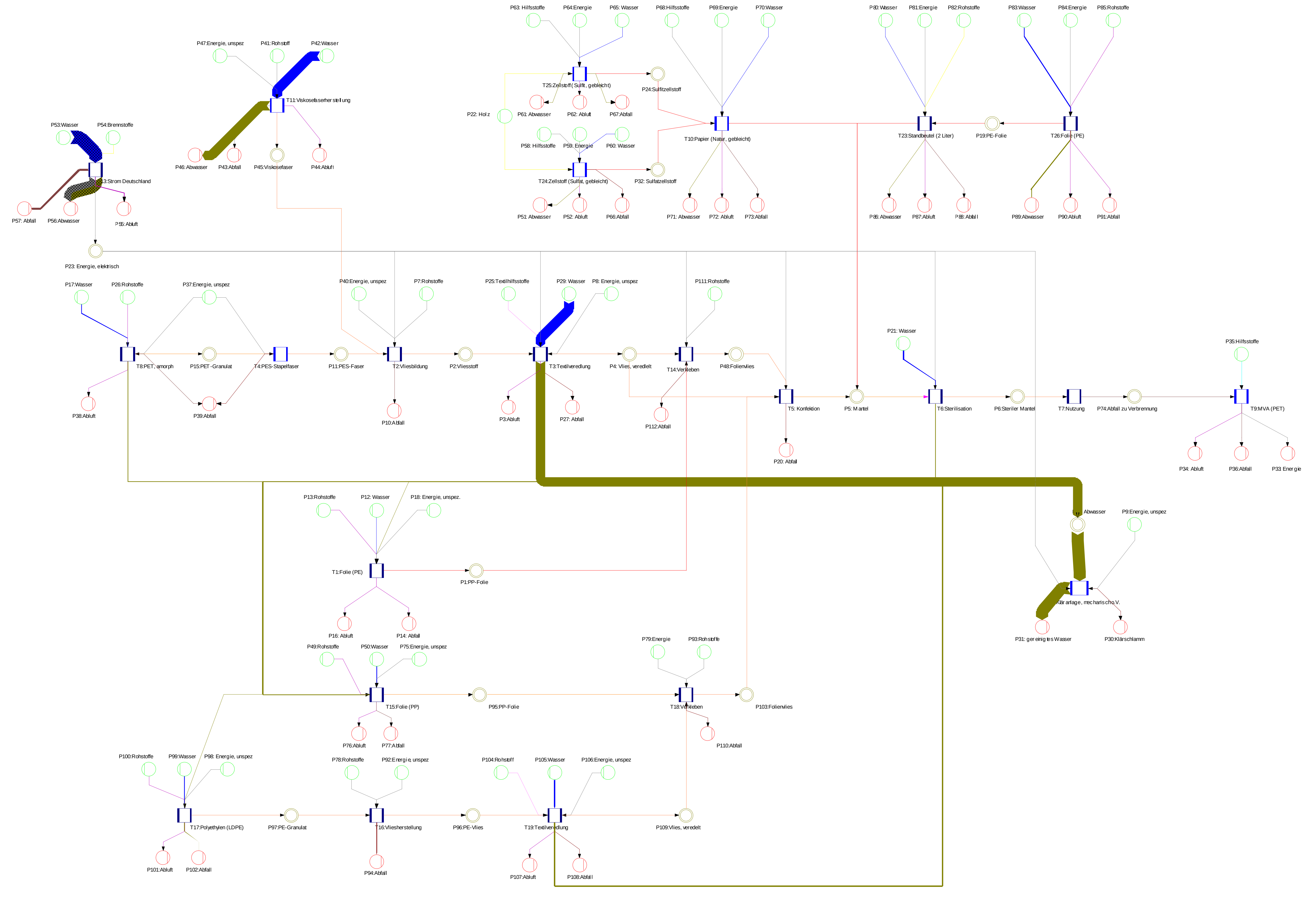


Abb. 112: Materialfluss Kittel E HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

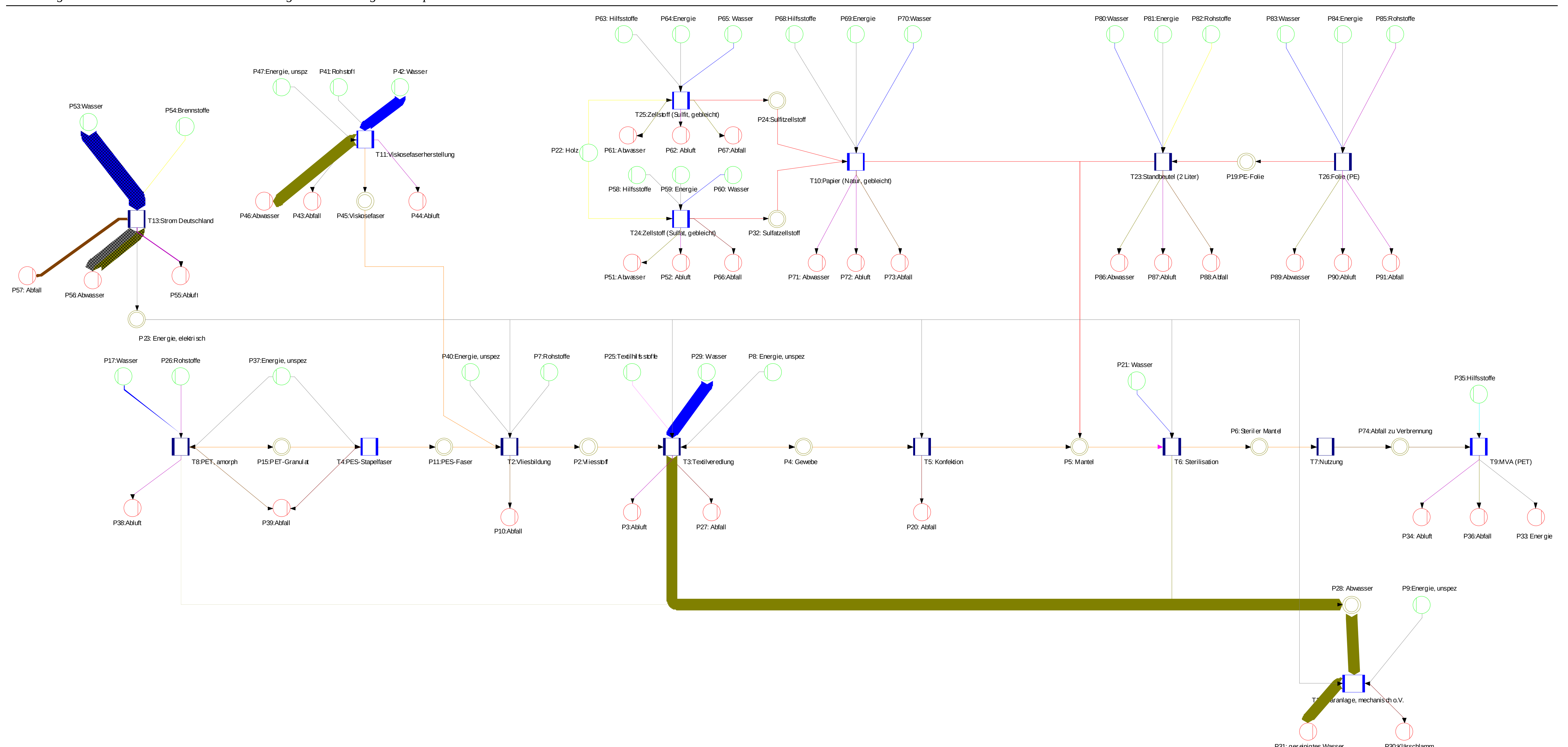


Abb. 113: Materialfluss Kittel E SP

(Quelle: Eigene Darstellung)

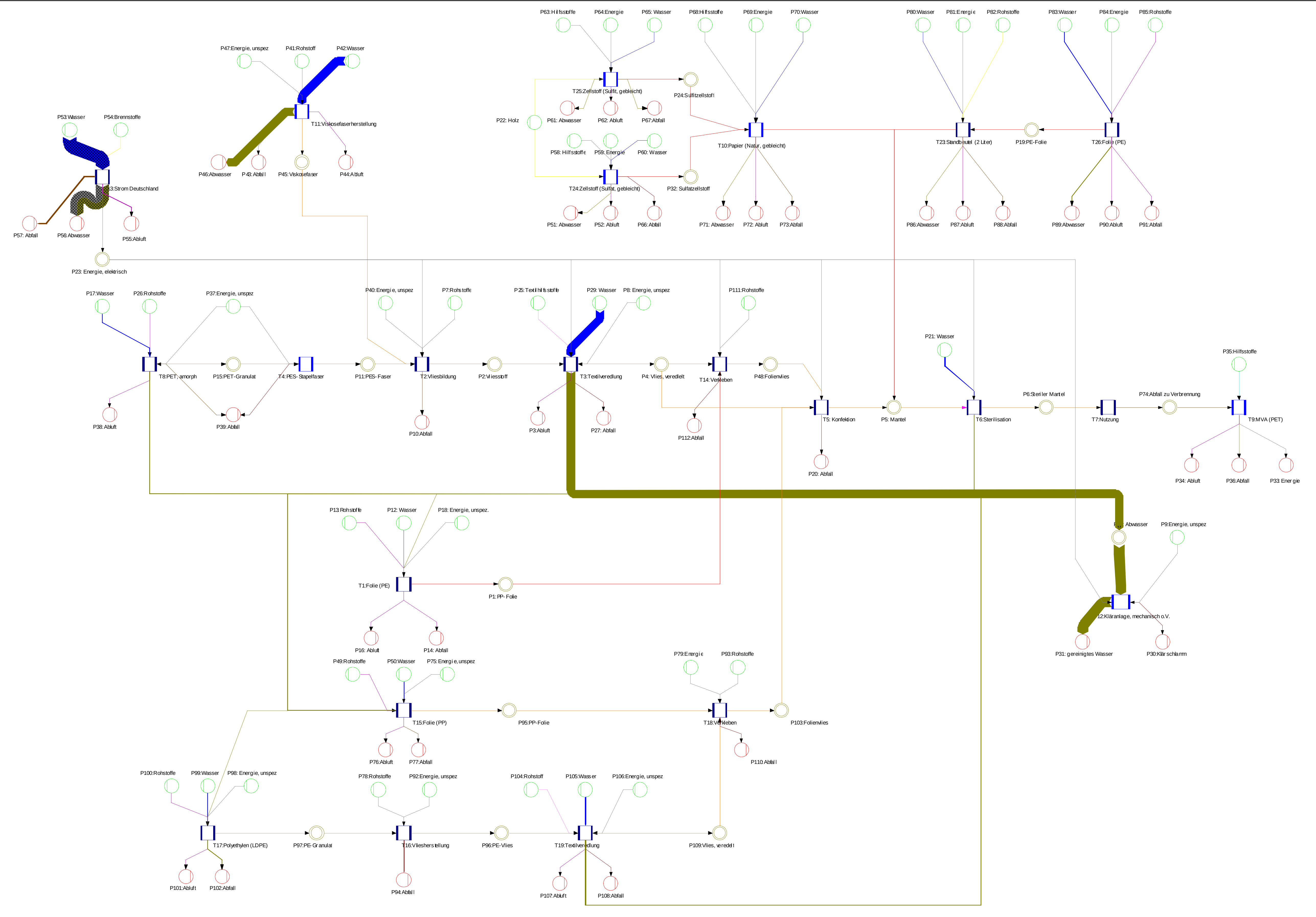


Abb. 114: Materialfluss Kittel F HP

(Quelle: Eigene Darstellung)

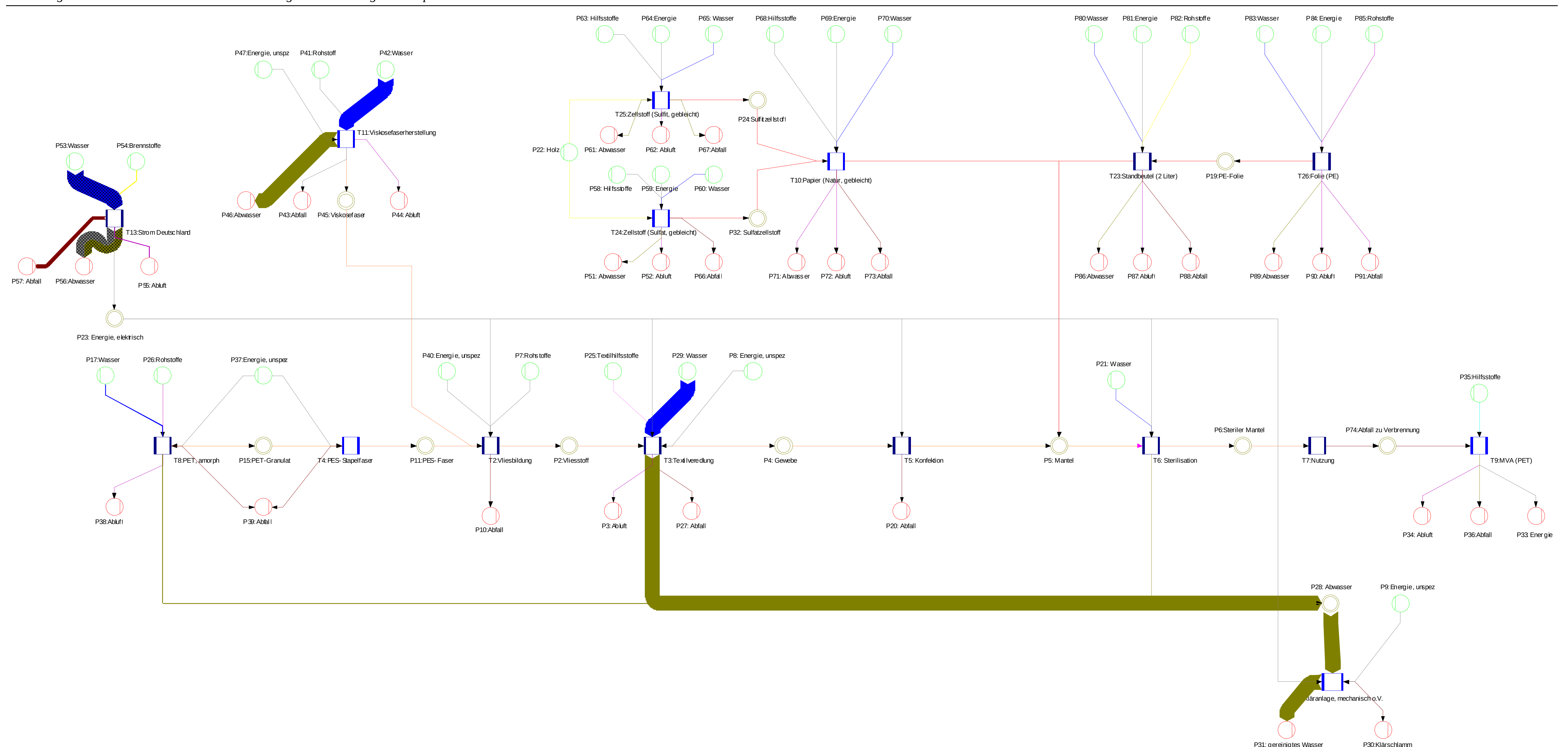


Abb. 115: Materialfluss Kittel F SP

(Quelle: Eigene Darstellung)

Literaturverzeichnis

AbwV Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer – Abwasserverordnung. Vom 17. Juni 2004 (BGBl. I Nr. 28 vom 22.6.2004 S. 1108; ber. 2004 S. 2625).

AS MEDIZINTECHNIK (Hrsg.) (2004): Gebrauchsanweisung Steril-Containersysteme, Tuttlingen 2004.

ASSTECH (Hrsg.) (2003): Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC), Unterföhring bei München 2003.

AVV Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis. Vom 10. Dezember 2001 (BGBl I 2001, 3379; zuletzt geändert durch Art. 2 V v. 24.07.2002 I 2833).

BAHN, M.; HANSEN, D. (1992): "Textilien/Kleidung" 1992, Düsseldorf 1992.

BAUER, R.; KOSLOWSKI, H. J. (1993): Chemiefaserlexikon, 10., aktualisierte und erweiterte Aufl., Frankfurt am Main 1993.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (Hrsg.) (2004): Emissionsminderung bei Textilveredlungsanlagen, Augsburg 2004.

BEEH, M. u. a. (2003): Reduzierung des Energie- und Waschmittelverbrauchs in gewerblichen Wäschereien, Berlin 2003.

BEEH, M. u. a. (2004): Waschmittel- und Wasserrecycling in gewerblichen und Krankenhauswäschereien, Bonn 2004.

BEHREND, S. u. a. (1998): Ökobilanzierung komplexer Elektroprodukte, Berlin 1998.

BLUME, R. u. a. (1994): Chemie für Gymnasien: Fette, Seifen und Waschmittel, Berlin 1994.

BOS, J.H. u. a. (1999): Das Papierbuch – Handbuch der Papierherstellung, DB Houten 1999.

BRITISH TEXTILE TECHNOLOGY GROUP (Hrsg.) (1999a): Report 4: Textile Mass Balance and Product Life Cycle, Leeds 1999.

BRITISH TEXTILE TECHNOLOGY GROUP (Hrsg.) (1999b): Report 5: Waste Minimisation and Best Practice, Leeds 1999.

BRUNE, D. (1988): Ökobilanz von Operations- und Klinikmaterialien aus beschichtetem Zellstoff, aus ausgerüstetem Baumwollpolyestergewebe und Textillaminaten, Kassel 1988.

BUSCH TEXTILSERVICE (Hrsg.) (2001): Der Produktionsablauf. Online im Internet. <http://www.rentex-rh.de/einblick/ablauf.htm>, Stand: 2001, Abfrage: 22-03-2006, 17.10 Uhr.

CEDERGREN, J. u. a. (2001): Life Cycle Assessment study of Glass Fibre and PTFE Laminates, o. O. 2001.

CHEN, X.; GONG, R. H. (2000): Technical yarns. In: Horrocks, A.R.; Anand, S.C. (Hrsg.): Handbook of technical textiles, Cambridge 2000.

DALL´ACQUA, S. u. a. (1999): Ökoinventare für die Produktion von Waschmittel-Inhaltsstoffen, St. Gallen 1999.

DAS, T. K.; HOUTMAN, C. (2004): Evaluation Chemical-, Mechanical-, and Bio-Pulping Processes and Their Sustainability Characterization Using Life-Cycle Assessment. In: Environmental Progress, 23. Jg., 2004, Heft 4, S. 347-357.

DEGUSSA (Hrsg.) (2006a): EUROPLEX® PPSU. Online im Internet. <http://www.performance-plastics.de/>, Stand: o. A., Abfrage: 08-03-2006, 16.08 Uhr.

DEGUSSA (Hrsg.) (2006b): EUROPLEX® PPSU - Verarbeitungshinweise. Online im Internet. <http://www.performance-plastics.de/>, Stand: o. A., Abfrage: 08-03-2006, 16.21 Uhr.

DEHOUST, G. u. a. (1999): Vergleich der rohstofflichen und energetischen Verwertung von Verpackungskunststoffen, Darmstadt 1999.

DETTENKOFER, M. u. a. (1999): Einweg- versus Mehrweg-Patientenabdeckungen im Operationssaal. In: Der Chirurg, 70. Jg., 1999, S. 485-492.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (Hrsg.) (1992): Textilien; Vliesstoffe; Begriff (ISO 9092:1988); Deutsche Fassung EN 29092:1992, Berlin 1992.

DOSHI, M. J.; BHAT, P. (1997): Recycling Sizing Agents. In: Indian Textile Journal, 108. Jg., 1997, Heft 3, S. 68-70.

DÜRRBECK, P.; LEITNER, H. (1991): Umweltverträgliche, technisch hochwertige Schlichtesysteme auf Acrylat-Basis. In: Melliand Textilberichte, 72. Jg., 1991, Heft 10, S. 819-823.

DUTTA, P. K. (1996): Viscose & Environ Damage. In: The Indian Textile Journal, 106. Jg., 1996, Heft 5, S. 40-42.

EBERLE, U.; GRIEßHAMMER, R. (2000): Analyse gewerblicher Waschprozesse, Freiburg 2000.

EBERLE, U.; GRIEßHAMMER, R. (2001): Ökobilanzierung zu Wasch- und Reinigungsmittelrohstoffen und deren Anwendung in der gewerblichen Wäscherei, Berlin 2001.

ECOINVENT (Hrsg.) (2006): Datenbestand Version 1.2. Online im Internet < http://db. ecoinvent.org/ecoquery/embed.php?datenbestand=DATA_V1.2&context=newdb&selectdb=% DCbernehmen> Stand: 06-01-2006, Abruf: 30-05-2006, 18.46 Uhr.

EIBL, M.; MANGENG, B.; ALBERT, S. (1997): Ökobilanz von Lenzing Lyocell. In: Lenzinger Berichte, 76. Jg., 1997, S. 95-97.

ELSASSER, N. (1998): Verfahren und Maschinen der Textilveredlung. In: Wulfhorst, B. (Hrsg.): Textile Fertigungsverfahren – Eine Einführung, München 1998.

ERIKSSON, E.; BERG, H. (2003): Livscykelanalys av operationsrockar, Göteborg 2003.

EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2003): Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry. Online im Internet <www.epa.ie/Licensing/IPPCLicensing/BREFDocuments/> Stand: k.A., Abruf: 15-03-2006, 11.02 Uhr.

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG (Hrsg.) (2002): EN 13795-1 Operationsabdecktücher, -mäntel und Rein-Luft-Kleidung zur Verwendung als Medizinprodukte für Patienten, Klinikpersonal und Geräte, Teil 1: Allgemeine Anforderungen für Hersteller, Aufbereiter und Produkte, Brüssel 2002.

FELTGEN, M.; SCHMITT, O.; WERNER, H.-P. (2000): Der Mensch im Mittelpunkt – OP-Abdeckmaterialien und OP-Mäntel sind Medizinprodukte. In: Hygiene Medizin, 25. Jg., 2000, Suppl. 2, S. 1-64.

Forschungsprojekt: Evaluierung von OP-Textilien nach hygienischen, ökologischen und ökonomischen Kriterien - Teilprojekt "Ökologische und ökonomische Bewertung der Wiederaufbereitung und des Erhalts der Barrierewirkung in Abhängigkeit von den Nutzungszyklen" Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Chokri Cherif, Prof. Dr. Edeltraud Günther; Projektbearbeiter: Dipl.-Wirtsch.-Ing. Holger Hoppe; Projektlaufzeit: 01/2004 - 01/2007; Auftraggeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

FOURNE, F. (1995): Synthetische Fasern - Herstellung, Maschinen und Apparate, Eigenschaften, München 1995.

FRANK, A. (2000): Kunststoff-Kompendium, 5., neubearbeitete u. erweiterte Aufl., Würzburg 2000.

FRANKE, M., KLÜPPEL, H., OLSCHEWSKI, P. (1995): Ökobilanzierung – Sachbilanz für die Waschmittel-Konfektionierung. In: Tenside Surfactants Detergent, 32. Jg., 1995, Heft 6, S. 508-514.

FRÜH, R. (1997): Erste Untersuchungsergebnisse mit einem neuen chemischen Indikator und einem neuen Chargenkontrollsystem zur Überwachung spezieller (extra-langer) Dampfsterilisationszyklen bei 134°C. In: ZSVA-Spiegel, 1997, Heft 2, Seite 1-9.

FRYDENDAL, J. (2001): Berendsen Care Bed Pads. Online im Internet <http://www.lca-center.dk/lca-center_docs/showdocformacro.asp?token=7&id=040615091455&type=doc&fname=LCA+Berendsen+Care+Main+Report+(1a)-TSHC-rapuk-jf-02012001.PDF> Stand: k.A. Abfrage: 05.03.2006, 11:23 Uhr.

FU BERLIN (Hrsg.) (2000): Herstellung von Kunststoffen. Online im Internet <http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/synthese.htm> Stand: 2000, Abfrage: 23-02-2006, 17.12 Uhr.

FU BERLIN (Hrsg.) (o. J.): Desinfektion – Sterilisation. Online im Internet <http://www. medizin.fu-berlin.de/StudentenCafe/klausuren/pdf/Hyg/Desinf-Sterili.pdf> Stand: k.A., Abfrage: 23-04-2006, 07.32 Uhr.

GARTISER, S. u. a. (2000): Umweltverträgliche Desinfektionsmittel im Krankenhaus-abwasser, Berlin 2000.

GEBHARDT, A. (2004): Großer Beleg: Bewertung der textilphysikalischen Eigenschaften von OP-Textilien in Abhängigkeit von den Nutzungszyklen, Dresden 2004.

GLOBALES-EMISSIONS-MODELL INTEGRIERTER SYSTEME (GEMIS) 4.3 (2005): Datenbank, Öko-Institut, Freiburg 2005.

GESAMTVERBAND DER DEUTSCHEN TEXTIL- UND MODEINDUSTRIE E.V. (Hrsg.) (2005): Zahlen zur Textil- und Bekleidungsindustrie – August 2005, Eschborn 2005.

GESELLSCHAFT FÜR VERPACKUNGSMARKTFORSCHUNG (Hrsg.) (2004): Verpacken ohne Kunststoff – Auswirkungen auf Energieverbrauch und Treibhausgas-emissionen. Online im Internet <http://www.bkv-gmbh.de/Verpacken%202004/GUA_Kurz fassung.pdf> Stand: 11-2004, Abfrage: 15-03-2006, 09.04 Uhr.

GIRBAU (Hrsg.) (2004a): TBS Waschstraßensystem - TBS-50 Waschstraße, Hannover 2004.

GIRBAU (Hrsg.) (2004b): TBS Waschstraßensystem - Industrietrockner ST 100, Hannover 2004.

GIRBAU (Hrsg.) (2004c): TBS Waschstraßensystem - SPR-50 press, Hannover 2004.

GOLDACKER, R. (1991): Grundlagen textiler Herstellungsverfahren, Leipzig 1991.

GOVERMENT OF CATALONIA (Hrsg.) (2002): Pollution prevention in the Textile industry within the Mediterranean region, Barcelona 2002.

GRÄBER, A. (1998): Verfahren und Maschinen der Vliesstoffherstellung. In: Wulfhorst, B. (Hrsg.): Textile Fertigungsverfahren – Eine Einführung, München 1998.

GRIESHAMMER, R.; BUNKE, D.; GENSCH, C.-O. (1997): Produktlinienanalyse Waschen und Waschmittel, Berlin 1997.

GRIEßHAMMER, R.; EBERLE, U. (2000a): Ökobilanz und Stoffstromanalyse - Waschen und Waschmittel, Freiburg 2000.

GRIEßHAMMER, R.; EBERLE, U. (2000b): Analyse gewerblicher Waschprozesse, Freiburg 2000.

GRIEßHAMMER, R.; REINHART, I. (2000): Ökobilanz-Vergleich von OP-Abdecksystemen aus Klinidrape und Baumwolle, Freiburg 2000.

GROPPER, H. u. a. (2004): Ökobilanzierung von Altlastensanierungsverfahren, Stuttgart 2004.

GUNDERMANN, K.-O. (1991): Entwicklung der Krankenhaushygiene im engeren Sinne. In: Gundermann, K.-O.; Rüden, H.; Sonntag, H.-G. (Hrsg.): Lehrbuch der Hygiene, Stuttgart 1991.

GUPFINGER, H.; PLADERER, C. (2000): Mehrweg-Medicalprodukte im Krankenhaus, Wien 2000.

HABERSATTER, K. u. a. (1996a): Ökoinventare für Verpackungen - Band I, Bern 1996.

HABERSATTER, K. u. a. (1996b): Ökoinventare für Verpackungen - Band II, Bern 1996.

HANSEN, D. (1994): Untersuchung des Bekleidungsverbrauchs einer deutschen Behörde, Düsseldorf 1994.

HEILMANN, A. (2000): Stoffstrommanagement für Abfälle aus Haushalten, Diss., Dresden 2000.

HIRSINGER, F. u. a. (1995): A Life-Cycle Inventory for the Production of Detergent-grade Alcohols. In: Tendside Surfactants Detergent, 32. Jg., 1995, Heft 5, S. 398-410.

HOHENADEL, P.; REXLTON, J. (1996): Textil-Wörterbuch, Band II, Deutsch-Englisch, 2., überarbeitete u. erweiterte Aufl., Wiesbaden 1996.

HOLZER, H. (2001): Sterilgutversorgung, Wien 2001.

HOOF, G. V.; SCHOWANEK, D.; FEIJTEL, T. (2003): Comparative Life-Cycle Assessment of Laundry Detergent Formulations in the UK. In: Tenside Surfactants Detergent, 40. Jg., 2003, Heft 5, S. 266-275.

HYCHEM (Hrsg.) (2002): Hychem-Produkte im Sterisan- System. Online im Internet. <http://www.hychem.de/>, Stand: 2002, Abfrage: 23-03-2006, 16.49 Uhr.

IFU HAMBURG (Hrsg.) (2005): Umberto Benutzerhandbuch – Version Umberto 5, Hamburg, Loseblattsammlung, Stand April 2005.

IFU HAMBURG (Hrsg.) (2006): Umberto – know wie flow. Online im Internet. <http://www.umberto.de/de/home/index.htm>, Stand: 15-03-2006, Abfrage: 28-03-2006, 16.27 Uhr.

INITIATIVE 2000 PLUS (Hrsg.) (2004): Kritischer Papierbericht 2004, Bielefeld 2004.

INKUTEC (Hrsg.) (2006): Material – Sterilisationscontainer aus PPSU. Online im Internet <http://www.inkutec.de/material.html#materialvergleich> Stand: k. A., Abfrage: 05-06-2006, 18.56 Uhr.

INTEX (Hrsg.) (o. J.): Zusammenfassung der spezifischen Verbrauchsdaten, o. J.

JÄGER, W. R. (1996): Ökobilanz Rentex-OP-Set und Einweg-OP-Set, Düsseldorf 1996.

JENSEN, A.A. u. a. (2004): Working Environment in Life-Cycle Assessment, Pensacola 2004.

JÖDICKE, A. (2001): Möglichkeiten und Grenzen der Ökobilanz bei chemikalienintensiven Prozessen: Veredlung und Gebrauch eines Baumwoll-T-Shirts, Diss an der ETH Zürich, Zürich 2001.

KALLIALA, E. (1997): The Ecology of Textiles and Textile Service, Diss., Tampere 1997.

KALLIALA, E.; NOUSIAINEN, P. (1999): Environmental Profile of Cotton and Polyester-Cotton Fabrics. In: AUTEX Research Journal, 1. Jg., 1999, Heft 1, S. 8-20.

KANNEGIESSER (Hrsg.) (2006): PowerTrans – Waschmechanik. Online im Internet. <http://www.kannegiesser.de/waschmechanik.0.html>, Stand: 2006, Abfrage: 23-03-2006, 06.23 Uhr.

KHG Gesetz zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze - Krankenhausfinanzierungsgesetz BGBl I 1972, 1009 (zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 22.06.2005 I 1720).

KLINK-MANAGEMENT-CONSULTING GMBH (Hrsg.) (2002): Studie über den wirtschaftlichen Einsatz von steriler OP-Wäsche – Vergleich unterschiedlicher Abdecksysteme, Wunstorf 2002.

KOCH, T.C.; SEEBERGER, J.; PETRIK, H. (1992): Ökologische Müllverwertung, 4. Aufl., Karlsruhe 1992.

KOCH, U. (2001): Verbundsysteme aus PTFE. In: Konstruktion, 53. Jg., 2001, Heft 6, S. 63.

KOHLERT, C.; THALMANN, W. (1992): Ökobilanz von Packstoffen - ein Auswahlkriterium. In: Plaste und Kautschuk, 39. Jg., 1992, Heft 5, S. 169-172.

KORTH, W. (2003): Zur Veresterung und Umesterung von ionischen Flüssigkeiten, Aachen 2003.

KOSTKA, S.; HASSAN, A. (1997): Umweltmanagementsysteme in der chemischen Industrie, Berlin 1997.

KrW-/AbfG Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen - Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz. Vom 27. September 1994 (BGBl. I 1994 S. 2705) (Zuletzt geändert durch Art. 2 des Gesetzes vom 21.06.2005 I S. 1666)

KÜMMERER, K. (1994): Möglichkeiten und Grenzen von Produktlinienanalysen und Ökobilanzen im Gesundheitswesen. In: Daschner, F. (Hrsg.): Umweltschutz in Klinik und Praxis, Berlin 1994.

LACASSE, K.; BAUMANN, W. (2004): Textile Chemicals - Environmental Data and Facts, Berlin 2004.

LAURSEN, S. u. a. (1997): Environmental Assessment of Textiles, Kopenhagen 1997.

LAURSEN, S. u. a. (2006): UMIPTEX - Miljøvurdering af tekstiler, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 3 2006. Online im Internet <http://www.mst.dk/default.asp?Sub=http://www.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7614-956-0/html/>, Stand: 01-02-2006, Abruf: 02-05-2006, 13.42 Uhr

LOY, W. (1997): Die Chemiefaser – ihr Leistungsprofil in Bekleidungs- und Heimtextilien, Berlin 1997.

LOY, W. (2001): Chemiefasern für technische Textilprodukte, Frankfurt am Main 2001.

LÜNENSCHLOß, J.; ALBRECHT, W. (Hrsg.) (1982): Vliesstoffe, Stuttgart 1982.

MPG Gesetz über Medizinprodukte - Medizinproduktegesetz BGBl I 1994, 1963. Vom 2. August 1994 (zuletzt geändert durch Art. 109 V v. 25.11.2003 I 2304).

MEISTER, G.; SIXTA, H. (1997): Ökobilanz der Chemiezellstoffherstellung mit Bewertung der Nebenproduktnutznung. In: Das Papier, 49. Jg., 1997, Heft 12, S. 665-671.

MITTERMAYER, H. (2004): Mehrwegtextilien im OP – State of the art 2003. In: CliniCum Sonderausgabe 1/2004, Wien 2004.

MMM MÜNCHENER MEDIZIN MECHANIK (Hrsg.) (o. J.): Technisches Maßblatt Dampfsterilisator Selectomat PL 969--2HR (9 StE), Planegg o. J.

MÜLLER, A. S. (2005): Weiterbildung von Arbeitskräften im Textilrecycling. Online im Internet <http://www.zhb-flensburg.de/dissert/as%20mueller/Dissertation_ASM.pdf>, Stand: 01-2005, Abruf: 15-03-2006, 08.27 Uhr.

MÜLLER-BEILSCHMIDT, P. (1997): Software zur Unterstützung der Ökobilanzierung – ein Überblick. In: Schmidt, M.; Häuslein, A. (Hrsg.): Ökobilanzierung mit Computerunterstützung, Berlin 1997.

NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2000): DIN EN ISO 14043: Ökobilanz – Auswertung (ISO 14043:2000), Berlin 2000.

NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005a): E DIN ISO EN 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO/DIS 14040:2005), Berlin 2005.

NAGUS IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005b): E DIN ISO EN 14044: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen (ISO/DIS 14044:2005), Berlin 2005.

NAMED IM DIN E.V. (Hrsg.) (2003): DIN EN 13795-1: Operationsabdecktücher, -mäntel und Rein-Luft-Kleidung zur Verwendung als Medizinprodukte für Patienten, Klinikpersonal und Geräte - Teil 1: Allgemeine Anforderungen für Hersteller, Aufbereiter und Produkte (EN 13795-1:2002), Berlin 2003.

NAMED IM DIN E.V. (Hrsg.) (2005): Gemeinsame Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention sowie des BfArM zu den „Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten“ – Anhang B – Norm. Online im Internet <http://www.named.din.de/sixcms_upload/media/1717/Anhang%20B%20Normen%20051201.pdf> Stand: 01-12-2005, Abfrage: 14-05-2006, 14.16 Uhr.

NENTWIG, J. (2000): Kunststoff Folien – Herstellung, Eigenschaften, Anwendung, 2., völlig überarbeitet Aufl., München 2000.

OTTERPOHL, R.; BEHREND, J. (o. J.): Von der Teilstrombehandlung zur abwasserfreien Fabrik. Online im Internet <http://www.tu-harburg.de/aww/publikationen/pdf/oekoeff.pdf> Stand: k.A., Abruf: 15-03-2006, 11.02 Uhr.

PATEL, M. (1999): KEA für Produkte der organischen Chemie. Online im Internet <http://www.oeko.de/service/kea/dateien/kea-isi.pdf> Stand: 10-1999 Abfrage: 15-03-2006, 10.32 Uhr.

PFITZNER, R.; BEHRENDT, S. (2000): Nachhaltig Waschen - Umweltentlastung durch gemeinschaftliche Nutzungsformen?, Berlin 2000.

PIETSCH, K.; HOPPE, H. (2003): Evaluierung von OP-Textilien. Vortrag zur Arbeitskreissitzung „Umweltschutz im Krankenhaus“ des Verbandes Sächsischer Krankenhäuser e.V., Leipzig, 24. März 2003.

PIETSCH, K.; LEHMANN, B. (2005): Bewertung der Morphologie und der mechanischen Eigenschaften der textilen Struktur. In: Offermann, P. (Hrsg.): Evaluierung von OP-Textilien nach hygienischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten, Dresden 2005.

RAHN, H. (1999): Wirtschaftlicher, stofflicher und ökologischer Vergleich der Handelsfaserstoffe Zellstoff und Altpapierstoff (holzfrei). In: Wochenblatt der Papierfabrikation, 127. Jg., 1999, Heft 19, 1228-1231.

RELLER, A.; GERSTENBERG, J. (1997): Weißes Gold, wohin? Stand und Aussichten der Baumwollnutzung. In: GAIA, 6. Jg., 1997, Heft 1, S. 35-51.

REICOFIL (Hrsg.) (2005): Module Composite-Anlagen. Online im Internet <http://www.reicofil.com/de/vliesanlagen/p0043_module.asp> Stand: 2005, Abfrage: 15-02-2006, 10.00 Uhr.

ROBOD (Hrsg.) (2006): Wörterbuch – Gewebe der Firma Klopman International. Online im Internet <http://www.deutsche.robod.pl/?mod=content&path=2,27&PHPSESSID=6c7f66ac2a03e5c41e4f1f78f257c379>, Stand: 05-2006, Abruf: 10-05-2006, 19.32 Uhr.

SAOUTER, E.; HOOF, G. V. (2002): A Database for the Life-Cycle Assessment of Procter & Gamble Laundry Detergents. In: International Journal of Life Cycle Assessment, 7. Jg., 2002, Heft 2, S. 103-114.

SCHINDLER, W. D.; HAUSER, P. J. (2004): Chemical finishing of textiles, Cambridge 2004.

SCHMIDT, D. (2000): Simplified life cycle assessment of surgical gowns – Second draft, Brüssel 2000.

SCHMIDT, J.; NAUMANN, G.; HORSCH, W. (1990): Sterilisation, Desinfektion, Konservierung und Entwesung in der medizinischen und pharmazeutischen Praxis, 2., erweiterte Aufl., Leipzig 1990.

SCHMIDT, M.; HÄUSLEIN, A. (1997): Ökobilanzierung mit Computerunterstützung, Berlin 1997.

SCHMIDTBAUER, J. (1997): Clean Production of Rayon - an Eco-Inventory. In: Lenzinger Berichte, 76. Jg., 1997, S. 27-32.

SCHMITZ, F. (1996): Neue Wege zu Polyurethanen, Aachen 1996.

SCHÖNBERGER, H. (2001): Die gegenwärtige Verbrauchs- und Emissionssituation der deutschen Textilveredlungsindustrie, Berlin 2001.

SCHÖNBERGER, H. (2003): Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU) – Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry, Dessau 2003.

SCHÖNBERGER, H.; SCHÄFER, T. (2003): Beste verfügbare Techniken in Anlagen der Textilindustrie, Berlin 2003.

SCHONERT, M. u. a. (2002): Ökobilanz für Getränkeverpackungen II / Phase 2, Berlin 2002.

SCHORB, A. (1990): Ökobilanz von Hygieneprodukten für den Krankenhausbereich, 2. Aufl., Heidelberg 1990.

SMITH, G. G.; BARKER, R. H. (1995): Life cycle analysis of a polyester garment. In: Resources, Conservation and Recycling, 14. Jg., 1995, Heft 3-4, S. 233-249.

SMULDERS, E. u. a. (2002): Laundry Detergents, Freiburg 2002.

SPEIGHT, J. G. (1999): The Chemistry and Technology of Petroleum, 3., überarbeitete u. erweiterte Aufl., New York 1999.

SOLVAY ADVANCED POLYMERS (Hrsg.) (2003): Und woran arbeiten Sie gerade?, Düsseldorf 2003.

STALMANS, M. u. a. (1995): European Life-Cycle Inventory for Detergent Surfactants Production. In: Tenside Surfactants Detergent, 32. Jg., 1995, Heft 2, S. 84-109.

STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg.) (2005): Gesundheit Ausgaben 2003, Wiesbaden 2005.

STENZEL-ROSENBAUM, M. (1999): Synthese und Charakterisierung CU(l)-haltiger Polyurethane für die Anwendung als Carriermembran zur Abtrennung von Ethylen aus Gasgemischen, Stuttgart 1999.

STEUER, W.; LUTZ-DETTINGER, U.; SCHUBERT, F. (1998): Leitfaden der Desinfektion, Sterilisation und Entwesung, 7., neu bearbeitet Aufl., Stuttgart 1998.

STRATHMANN, H. (1990): Synthetic membranes and their preparation. In: Porter, M.C. (Hrsg.): Handbook of industrial membrane technology, New Jersey 1990.

STÜTT-BRINGMANN, T. (Hrsg.) (1994): Der Stoff aus dem die Kleider sind, 4., völlig überarbeitete u. erweiterte Auf., Bonn 1994.

TRGS Technische Regeln für Gefahrstoffe 513 – Begasungen mit Ethylenoxid und Formaldehyd in Sterilisations- und Desinfektionsanlagen. Vom Juni 1996 (BArbBl. 6/1996 S. 52; 2/2000 S. 80).

TENZER, H.-J. (1986): Volkswirtschaftliche Bedeutung und Funktion der Verpackung. In: Dietz, G.; Lippmann, R. (Hrsg.): Verpackungstechnik, Heidelberg 1986.

TRAUTER, J.; SCHOLZE, U. (1996): Möglichkeiten zur Reduzierung der Abwasserbelastung durch das Schlichtemittel. In: Internationale Textile Bulletin Garn- und Flächenherstellung, 42. Jg., 1996, Heft 4, S. 58-60.

TRAUTH, J. (2000): Papier und Ökologie, aktualisierte u. ergänzte Aufl., Roth 2000.

TU DRESDEN, PROFESSUR FÜR BETRIEBLICHE UMWELTÖKONOMIE (Hrsg.) (2006): Laufende Projekte. Online im Internet <http://www.tu-dresden.de/wwbwlbu/homepage.htm> Stand: 06-04-2006, Abfrage: 04-06-2006, 23.11 Uhr.

UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (2004): Verwertungspotentiale von Kunststoffabfällen (nicht Verpackungen) aus Gewerbe und Privathaushalt. Online im Internet <www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3001.pdf > Stand: k.A., Abfrage: 15-03-2006, 15.42 Uhr.

VAN WERSCH, K. (1997): Färben von Cellulosefasern unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten. In: Melliand Textilberichte, 78. Jg., 1997, Heft 1-2, Seite 67-74.

VERBAND DER TEXTILHILFSMITTEL-, LEDERHILFSMITTEL-, GERBSTOFF- UND WASCHROHSTOFF-INDUSTRIE E.V. (Hrsg.) (2004): Textilhilfsmittelkatalog 2004/05, Frankfurt am Main 2004.

VISVANATHAN, C. u. a. (2000): Energy and environmental indicators in the thai textile industry. Online im Internet <http://www.serd.ait.ac.th/smi2/smi/roadmap/Pub_DC/Thai_textile_Visu.pdf> Stand: k. A., Abfrage: 15-03-2006, 14.04 Uhr.

WAGNER, G. (2005): Waschmittel: Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit, 3., vollständig überarbeitete u. erweiterte Aufl., Weinheim 2005.

WALLHÄUßER, K. H. (1988): Praxis der Sterilisation – Desinfektion – Konservierung, 4., überarbeitete u. erweiterte Aufl., Stuttgart 1988.

WEBER, K. P.; WEBER, M. (2004): Wirkerei und Strickerei – Technologische und bindungstechnische Grundlagen, 4., aktualisierte Aufl., Frankfurt am Main 2004.

WEIß, B. (1995): Textilien - global betrachtet, Bonn 1995.

WEISSERMEL, K.; ARPE, H.-J. (1990): Industrielle Organische Chemie – Bedeutung Vor- und Zwischenprodukte, 3., überarbeitete u. erweiterte Aufl., Weinheim 1990.

W. L. GORE & ASSOCIATES (Hrsg.) (2001): Umwelt-Information, Putzbrunn 2001.

WIEDEMANN, P.M. u. a. (o. J.): Stoff- und Informationsströme in der Produktlinie Bekleidung, Jülich o. J.

WIEGMANN, K. (2002): Anbau und Verarbeitung von Baumwolle, Freiburg 2002.

WULFHORST, B. (1998): Textile Fertigungsverfahren – Eine Einführung, München 1998.

ZERLER, D. u. a. (1989): Lehrbuch der Papier- und Kartonerzeugung, 2., Aufl., Berlin 1989.

ZIPPEL, F. (1999): Wasserhaushalt von Papierfabriken, Frankfurt am Main 1999.

Abstract

Das Thema der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung einer Sachbilanz-Studie und Modellierung des Lebensweges von Operationstextilien. Um dieses Ziel zu erreichen ist die Arbeit in mehrere aufeinander aufbauende Abschnitte unterteilt. Zur Einführung in die Thematik wird in den ersten drei Kapiteln die Theorie der Ökobilanzierung, die Anforderungen an OP-Textilien und die Grenzen der Bilanzierung vorgestellt. Darauf aufbauend wird in einem nächsten Schritt die Herstellung eines OP-Textils theoretisch erläutert. Diese Darstellungen bilden die Grundlage für eine Literaturrecherche, welche zum Ziel hat, möglichst alle Veröffentlichungen zu identifizieren, die einen Bezug zum Lebensweg eines OP-Textils haben. All diese Überlegungen münden in der Erstellung einer Sachbilanz für OP-Textilien.

Das Ergebnis der Sachbilanz ist, dass die Mehrwegtextilien, im Vergleich zu den Einwegtextilien, einen geringeren Stoff- und Energiefluss erzeugen. Als vorteilhafteste Stoffvariante sind die Trilaminate bei den High Performance Produkten und die Polyestermikrofilamentgewebe bei den Standard Performance Produkten ermittelt worden. Ein Vergleich der Ergebnisse der Sachbilanz mit bereits bestehenden Ökobilanzen zeigt, dass die Resultate vergleichbar sind. Bei den meisten Parametern liegen die ermittelten Bilanzwerte am unteren Ende der Spannbreite der Vergleichsbilanzen. Ein Grund dafür ist, dass in der vorliegenden Arbeit die Transportwege nicht mitbetrachtet werden. Ursache dafür ist, dass der Autor die Meinung vertritt, dass durch eine Bilanzierung inklusive der Transportaufwendungen die Ergebnisse verfälscht werden. Die Betrachtung der Transportwege ist nur fallbezogen sinnvoll, da andernfalls mit geschätzten Mittelwerten gerechnet wird. Der Autor schlägt daher eine getrennte Bilanzierung vor.

Die Modellierung der Lebenszyklen ist in der Software Umberto vorgenommen. Sie visualisiert die Stoffflüsse zwischen den einzelnen Modulen des Lebensweges sehr gut. Es konnte verdeutlicht werden, dass der Wasserfluss der mengenmäßig größte Stoffstrom ist. Die größten Wasserverbräuche werden bei den Mehrwegtextilien in der Wäscherei und der Textilveredlung getätigt. Die Textilveredlung und die Kunststoffherstellung sind die größten Wasserverbraucher bei den Einwegtextilien.

Als Ergebnis der gesamten Überlegungen wird festgehalten, das die erstellte Sachbilanz einen guten Hinweis auf die Umweltverträglichkeit der OP-Textilien gibt. Eine anschließende Ökobilanz, aufbauend auf den gewonnenen Daten, könnte die ermittelten Ergebnisse bestätigen.

Schlagwörter: OP-Textilien, OP-Mantel, Sachbilanz, Lebenszyklusanalyse, Ökoinventar, LCA, Polyester, Kunststofffasern, Vliesstoffe, Mikrofilament, Trilaminat, Umberto, Lebenswegmodellierung, Literaturrecherche, Medizintextilien

In dieser Reihe sind bisher erschienen:

Nummer	***Autoren***	***Titel***
01/1996	Günther, T. / White, M. / Günther E. (Hrsg.) Schill, O.	Ökobilanzen als Controllinginstrument Download
02/1998	Günther, E. (Hrsg.) Salzmann, O.	Revisionäre Zeit- und Geschwindigkeitsbetrachtungen im Dreieck des Sustainable Development Download
I/2000	Günther, E. (Hrsg.) Schmidt, A.	Auszug aus der Diplomarbeit: Umweltmanagement und betriebswirtschaftlicher Nutzen. Eine theoretischen Analyse und empirische Untersuchung am Beispiel ÖKOPROFIT München Download
03/2000	Günther, E. / Schill, O. (Hrsg.) Klauke, I.	Kommunales Umweltmanagement: Theoretische Anforderungen und Einordnung vorhandener Ansätze Download
04/2000	Günther, E. (Hrsg.) Krebs, M.	Aufgaben- und Organisationsstruktur der Umweltpolitik in der Bundesrepublik Deutschland Download
05/2000	Günther, E. / Schill, O. (Hrsg.) Sicker, B.	Umweltfreundliche Beschaffung und Abfallmanagement in öffentlichen Einrichtungen - Eine Untersuchung am Landratsamt Bautzen und Klinikum Bautzen-Bischofswerda Download
	Günther, E. / Thomas, P. (Hrsg.) Wollmann, R.	Integration des Instrumentes Environment-oriented Cost Management in die Controllingprozesse von Unternehmen in Entwicklungsländern Ergebnisse der Zusammenarbeit mit dem Pilotvorhaben zur Unterstützung umweltorientierter Unternehmensführung in Entwicklungsländern (P3U) der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Erschienen in den Dresdner Beiträge zur Betriebswirtschaftslehre Nr. 50/01 Download

Fortsetzung:

06/2001	Günther, E. / Berger, A. (Hrsg.) Kaulich, S.	Ermittlung kritischer Erfolgsfaktoren für die Implementierung der Umweltleistungsmessung in Unternehmen, insbesondere für die Maschinenbaubranche Download
07/2001	Günther, E. / Berger, A. (Hrsg.) Scheibe, L.	Konzeption eines Umweltkennzahlensystems zur Umweltleistungsmessung für Prozesse unter Beachtung der in Unternehmen vorliegenden Rahmenbedingungen Download
08/2001	Krebs, P. / Günther, E. / Obenaus, G. (Hrsg.) Bölter, C.	Regenwassernutzung im nicht privaten Bereich Eine technische und wirtschaftliche Analyse dargestellt am Beispiel des Fraunhofer-Institutszentrum Dresden Download
09/2001	Krause, W. / Günther, E. / Schulze, L. (Hrsg.) Huber, V.	Ökologische Bewertung von Reinigungsprozessen in der Oberflächentechnik - Möglichkeiten zum Einsatz integrierter Umweltschutztechnologien Download
10/2001	Wingrich, H. / Günther, E. / Reißmann, F. / Kaulich, S. / Kraft, A. (Hrsg.) Seidel, T.	Vergleichende Untersuchungen zur Wasseraufbereitung mit getauchten Membranen Download
11/2002	Koch, R. / Günther, E. / Fröhlich, J. / Jetschny, W. / Klauke, I. (Hrsg.) Sauer, T.	Aufbau eines integrierten Umweltmanagementsystems im universitären Bereich Download
12/2003	Günther, E. / Berger, A. / Hochfeld, C. (Hrsg.) Tröltzsch, J.	Treibhausgas-Controlling auf Unternehmensebene in ausgewählten Branchen Download

Fortsetzung:

13/2003	Günther, E. / Neuhaus, R. / Kaulich, S. (Hrsg.) Becker, S. / Kornek, S. / Kreutzfeldt, C. / Opitz, S. / Richter, L. / Ulmschneider, M. / Werner, A.	Entwicklung von Benchmarks für die Umweltleistung innerhalb der Maschinenbaubranche Eine Benchmarkingstudie im Auftrag der Siemens AG Download
	Günther, T. / Günther, E. (Hrsg.) Hoppe, H.	Umweltaspekte und ihre Wertrelevanz für die Unternehmen: Eine Zusammenfassung existierender empirischer Forschungs-ergebnisse. Erschienen in den Dresdner Beiträgen zur Be-triebswirtschaftslehre Nr. 81/04 Download
14/2004	Günther, E. / Klauke, I. (Hrsg.) Kreutzfeldt, C.	Herausforderungen für die nachhaltige öffentliche Beschaffung in der Tschechischen Republik im Zuge der EU-Osterweiterung Download
15/2004	Günther, E. / Farkavcová, V. / Hoppe, H. (Hrsg.) Jacobi, R. / Scholz, F. / Umbach, F. / Wagner, B. / Warmuth, K.	Entwicklung eines integrierten Managementsystems bei einem mittelständischen Unternehmen der Entsorgungswirtschaft Verknüpfung von Umweltmanagement und Qualitätsmanagement unter besonderer Berücksichtigung der Transportprozesse in der Entsorgungsbranche Download
16/2004	Günther, E. / Will, G. / Hoppe, H. (Hrsg.) Ulmschneider, M.	Life Cycle Costing (LCC) und Life Cycle Assessment (LCA) – eine Übersicht bestehender Konzepte und deren Anwendung am Beispiel von Abwasserpumpstationen Download
17/2005	Günther, E. / Hoppe, H. / Klauke, I. (Hrsg.) Deuschle, T. / Friedemann, J. / Kutzner, F. / Mielecke, T. / Müller, M.	Einweg- und Mehrwegtextilien im Krankenhaus – das Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie Download

Fortsetzung:

18/2005	Günther, T. / Günther, E. / Hoppe, H. (Hrsg.) Mahlendorf, M.	Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur Anwendung von Umweltkostenrechnungssystemen: Aktuelle Entwicklungen und Anwendungsbereiche Download
19/2006	Günther, E. / Kaulich, S. (Hrsg.) Kornek, S.	Entwicklung einer Methodik eines integrierten Managementsystems von Umwelt-, Qualitäts- und Arbeitsschutzaspekten unter besonderer Betrachtung des Risikomanagements Download
20/2006	Günther, E. / Lehmann-Waffenschmidt, W. (Hrsg.) Bolze, C. / Ernst, T. / Greif, S. / Krügler, S. / Nowotnick, M. / Schneider, A. / Steneberg, B.	Entschleunigung von Konsum- und Unternehmensprozessen Download
21/2006	Günther, E. / Farkavcovà, V. (Hrsg.) König, J	Ökologische Bewertung von Transportprozessen - Systematisierung und Analyse existierender Bewertungsverfahren und Studien Download
22/2006	Günther, E. / Becker, U. J. / Farkavcovà, V. (Hrsg.) Kutzner, F.	Emissionshandel im Verkehr - Konsequenzen aus einzelwirtschaftlicher Perspektive Download
23/2006	Günther, E. / Hoppe, H. (Hrsg.) Mielecke, T.	Erstellung einer Sachbilanz-Studie und Modellierung des Lebensweges von Operationstextilien Download